



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

“Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Br. Lorena Tafur Rivera (ORCID: 0000-0002-7933-6046)

ASESOR:

Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mis padres y hermano, quiénes me alentaron a continuar con mi crecimiento profesional y se convirtieron en mi motivación para demostrarles que, con esfuerzo y perseverancia, conseguiría lograr mis metas, muy a pesar de todas las adversidades puestas en mi camino. A mi familia, que siempre estuvo detrás de mí desde pequeña y me demostraron lo maravilloso que es tener raíces provincianas. A Dios, porque sin su presencia en mi vida no lo hubiese logrado.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento sincero a mis padres y mi familia entera por ayudarme en mis estudios. A la Universidad César Vallejo, la cual me abrió sus puertas sin obstáculos y otorgarme los conocimientos necesarios para mi formación profesional. Al Dr. Elmer Benites Alfaro, quién con su juicio de experto, sus conocimientos científicos, objetividad y paciencia supo guiarme para poder lograr la realización de esta investigación. A todos mis docentes que me enseñaron durante los 5 años de pregrado. Un agradecimiento especial a Promec Ingenieros SAC, Samuel Saire, Hitler Román y Silvia Nieto quiénes me ayudaron y apoyaron con las dudas que tuve en la elaboración de mis ensayos; y a mis amigos que estuvieron pendientes durante todo el presente año con su apoyo moral.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Lorena Tafur Rivera, estudiante de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, identificada con DNI N° 46595400, código de alumna N° 6700261434 y con la tesis titulada "Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019", a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo.

Declaro que:

El contenido de la presente tesis es de mi autoría y que toda la información presentada en la misma es auténtica y veraz; asimismo he respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas que están incluidas en dicha investigación.

Los Olivos, 17 de diciembre de 2019



Lorena Tafur Rivera
DNI: 46595400

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	41
2.1 Tipo y diseño de investigación	41
2.2 Operacionalización de variables	42
2.3 Población, muestra y muestreo	42
2.3.1 Población:	42
2.3.2 Muestra:	42
2.4.1 Técnica	43
2.4.2 Instrumentos	44
2.4.3 Validez	44
2.4.4 Confiabilidad	45
2.5 Procedimiento	45
2.6 Métodos de análisis de datos	60
2.7 Aspectos éticos	60
III. RESULTADOS	62
IV. DISCUSIÓN	108
V. CONCLUSIONES	112
VI. RECOMENDACIONES	114
VII. REFERENCIAS	115
VIII. ANEXOS	131
Anexo 1. Matriz de consistencia	131
Anexo 2. Instrumentos	133
Anexo 3. Validación de Instrumentos	137
Anexo 4. Registro fotográfico de los análisis físico-químicos y microbiológicos	153
Anexo 5. Resultados de análisis de caracterización inicial de la muestra	155
Anexo 6. Resultados de análisis de aplicación de la tecnología de cavitación hidrodinámica	156
Anexo 7. Resultados de análisis de aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata	164
Anexo 8. Certificado de caracterización de nanopartículas de plata	176
Anexo 9. Certificado de calibración de multiparámetro de mesa	179

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre	35
Tabla 2. Límite máximo permisible de efluentes para aguas superficiales de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre.....	36
Tabla 3. Matriz de operacionalización de Variables	42
Tabla 4. Distribución de muestras	43
Tabla 5. Resultados de los parámetros físico-químicos tomados In-Situ.....	62
Tabla 6. Caracterización inicial de agua residual industrial	62
Tabla 7. Comparación de resultados de la caracterización del agua residual industrial de curtiembre con los LMP	63
Tabla 8. Condiciones de operación de CH	64
Tabla 9. Tamaño de las nanopartículas de plata de acuerdo a la posición de los picos de absorción en el espectro UV-Vis	65
Tabla 10. Propiedades físicas de la caracterización de las nanopartículas de plata sintetizadas.....	67
Tabla 11. Condiciones de Operación del extracto de <i>Aloysia triphylla</i>	67
Tabla 12. Resultados de la CH – T (°C).....	68
Tabla 13. Resultados de la CH – CE (uS/cm)	69
Tabla 14. Resultados de la CH – SST(mg/L)	70
Tabla 15. Resultados de la CH – pH	71
Tabla 16. Resultados de la CH – DBO (mg/L).....	72
Tabla 17. Resultados de la CH – DQO (mg/L)	73
Tabla 18. Resultados de la CH – AyG (mg/L)	74
Tabla 19. Resultados de la CH – <i>Escherichia Coli</i> (NMP/100mL).....	75
Tabla 20. Resultados de las AgNP– T (°C).....	76
Tabla 21. Prueba de normalidad para temperatura con AgNP	77
Tabla 22. Análisis de varianza para la temperatura.....	78
Tabla 23. Prueba de contraste de Tukey para la temperatura	79
Tabla 24. Resultados de las AgNP– CE (uS/cm)	79
Tabla 25. Prueba de normalidad para conductividad eléctrica con AgNP	81
Tabla 26. Análisis de varianza para conductividad eléctrica.....	81
Tabla 27. Prueba de contraste de Tukey para conductividad eléctrica.....	82
Tabla 28. Resultados de las AgNP– SST (mg/L)	83
Tabla 29. Prueba de normalidad para sólidos suspendidos totales con AgNP	84
Tabla 30. Análisis de varianza para sólidos suspendidos totales	85
Tabla 31. Prueba de contraste de Tukey para solidos suspendidos totales.....	86
Tabla 32. Resultados de las AgNP– pH	86
Tabla 33. Prueba de normalidad para pH con AgNP	88
Tabla 34. Análisis de varianza para el pH.....	88
Tabla 35. Prueba de contraste de Tukey para el pH	89
Tabla 36. Resultados de las AgNP– DBO (mg/L).....	90
Tabla 37. Prueba de normalidad para demanda bioquímica de oxígeno con AgNP	91
Tabla 38. Análisis de varianza para la demanda bioquímica de oxígeno.....	92
Tabla 39. Prueba de contraste de Tukey para DBO	93

Tabla 40. Resultados de las AgNP– DQO (mg/L)	93
Tabla 41. Prueba de normalidad para demanda química de oxígeno por AgNP	95
Tabla 42. Análisis de varianza para la demanda química de oxígeno	95
Tabla 43. Prueba de contraste de Tukey para DQO	96
Tabla 44. Resultados de las AgNP– AyG (mg/L)	97
Tabla 45. Prueba de normalidad para aceites y grasas con AgNP	98
Tabla 46. Análisis de varianza para los aceites y grasas	99
Tabla 47. Prueba de contraste de Tukey para AyG	100
Tabla 48. Resultados de las AgNP– E. Coli (NMP/100 mL)	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfil de presión en la cavitación hidrodinámica	20
Figura 2. Formación, expansión, colapso e implosión de burbujas.....	21
Figura 3. Esquema de tamaños de partículas en relación al tamaño de las burbujas	22
Figura 4. Síntesis de nanopartículas de las técnicas “Top-down” y “Bottom-up”	28
Figura 5. Formación de nanopartículas de plata.....	30
Figura 6. Síntesis verde de nanopartículas de plata con plantas.....	33
Figura 7. Síntesis de nanopartículas de plata con espatulenol.....	34
Figura 8. Ubicación del punto de desagüe de la industria de curtiembre	45
Figura 9. Obtención de la muestra de agua residual industrial.....	46
Figura 10. Recolección de muestras para análisis inicial	47
Figura 11. Análisis de parámetros iniciales de la muestra	47
Figura 12. Equipo de cavitación hidrodinámica.....	48
Figura 13. Placa de orificios	48
Figura 14. Recolección de muestras tratadas por cavitación hidrodinámica.....	49
Figura 15. Preparación de la <i>Aloysia triphylla</i>	50
Figura 16. Obtención del extracto de <i>Aloysia triphylla</i>	51
Figura 17. Síntesis de Nanopartículas de plata con <i>Aloysia triphylla</i>	51
Figura 18. Muestra para caracterización de AgNP-At.....	52
Figura 19. Elaboración de dosis de AgNP-At	52
Figura 20. Aplicación de dosis de AgNP-At a aguas residuales industriales.....	53
Figura 21. Recolección de muestras tratadas por nanopartículas de plata	53
Figura 22. Diagrama de flujo del procedimiento de investigación.....	54
Figura 23. Espectro UV-Vis para nanopartículas de plata sintetizadas.....	64
Figura 24. Valores de diámetro medio para nanopartículas de plata sintetizadas	65
Figura 25. Histograma con el mayor número de conteos de nanopartículas de plata sintetizadas.....	66
Figura 26. Dispersión del tamaño de las nanopartículas de plata sintetizadas	66
Figura 27. Resultados de la CH para Temperatura (°C).....	68
Figura 28. Resultados de la CH para Conductividad Eléctrica (uS/cm)	69
Figura 29. Resultados de la CH para Sólidos Suspendidos Totales (mg/L).....	70
Figura 30. Resultados de la CH para pH	71
Figura 31. Resultados de la CH para demanda bioquímica de oxígeno (mg/L).....	72
Figura 32. Resultados de la CH para demanda química de oxígeno (mg/L).....	73

Figura 33. Resultados de la CH para aceites y grasas (mg/L).....	74
Figura 34. Resultados de la CH para Escherichia coli (NMP/100mL)	75
Figura 35. Resultados de las AgNP para temperatura (°C)	76
Figura 36. Resultados de las AgNP para conductividad eléctrica (uS/cm)	80
Figura 37. Resultados de las AgNP para sólidos suspendidos totales (mg/L)	83
Figura 38. Resultados de las AgNP para pH	87
Figura 39. Resultados de las AgNP para demanda bioquímica de oxígeno (mg/L).....	90
Figura 40. Resultados de las AgNP para demanda química de oxígeno (mg/L).....	94
Figura 41. Resultados de las AgNP para aceites y grasas (mg/L)	97
Figura 42. Eficiencia en la conductividad eléctrica.....	102
Figura 43. Eficiencia en los sólidos suspendidos totales.....	102
Figura 44. Eficiencia en el pH	103
Figura 45. Eficiencia en la demanda bioquímica de oxígeno.....	104
Figura 46. Eficiencia en la demanda química de oxígeno	105
Figura 47. Eficiencia en los aceites y grasas	105
Figura 48. Eficiencia en la Escherichia Coli	106

RESUMEN

En las últimas décadas, los avances de la tecnología han contribuido con el desarrollo del tratamiento de las aguas residuales industriales. La cavitación hidrodinámica es una tecnología que se viene estudiando a profundidad y consiste en un proceso físico por el cual se forman cavidades o burbujas por diferencia de presiones en los fluidos con la finalidad de degradar contaminantes; y las nanopartículas de plata son partículas microscópicas con características oxidantes que tienen tamaños óptimos entre 1 a 100 nm. y con tendencia a un enfoque en la química verde. La presente investigación se realizó en Lima con el objetivo de evaluar si las tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata serán eficientes para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, presentado una metodología que consiste en la aplicación independiente de la cavitación hidrodinámica con tres repeticiones, y la de nanopartículas de plata con tres dosis diferentes de aplicación las cuales fueron de 1 mL, 10mL y 20 mL y tres repeticiones cada una. Los resultados obtenidos evidenciaron que existe una mejora con la aplicación de la tecnología de cavitación hidrodinámica y la tecnología de nanopartículas de plata de forma independiente, puesto que los valores iniciales de la caracterización de la muestra de agua residual se redujeron luego de aplicadas las técnicas. Asimismo, se confirmó que la tecnología de nanopartículas de plata fue más eficiente para mejorar la calidad de aguas residuales industriales que la tecnología de cavitación hidrodinámica debido a que, se obtuvieron mayores porcentajes luego del cálculo de la eficiencia para los parámetros físico-químicos y microbiológicos planteados en la presente investigación.

Palabras claves: Cavitación hidrodinámica, Nanopartículas de plata, Agua residuales industriales, Mejora

ABSTRACT

In recent decades, advances in technology have contributed to the development of industrial wastewater treatment. Hydrodynamic cavitation is a technology that has been studied in depth and consists of a physical process by which cavities or bubbles are formed due to differences in fluid pressures in order to degrade contaminants; and silver nanoparticles are microscopic particles with oxidizing characteristics that have optimal sizes between 1 to 100 nm and a tendency to focus on green chemistry. The present investigation was carried out in Lima with the purpose of evaluating whether hydrodynamic cavitation technologies and silver nanoparticles will be efficient for the improvement of the quality of industrial wastewater, the work presented a methodology that consists of the independent application of hydrodynamic cavitation with three repetitions, and that of silver nanoparticles with three different doses of application which were 1 mL, 10 mL and 20 mL and three repetitions each. The results obtained showed that there is an improvement with the application of hydrodynamic cavitation technology and silver nanoparticle technology independently, since the initial values of the characterization of the residual water sample were reduced after the techniques were applied. Similarly, it was confirmed that silver nanoparticle technology was more efficient in improving the quality of industrial wastewater than hydrodynamic cavitation technology because, higher percentages were obtained after the calculation of efficiency for physical-chemical and microbiological parameters raised in the present investigation.

Keywords: hydrodynamic cavitation, silver nanoparticles, industrial wastewater, improvement

I. INTRODUCCIÓN

A raíz de la Revolución Industrial del siglo XVIII, las necesidades del hombre fueron cubiertas por los avances que conllevaba la producción de la materia prima en bienes e insumos para el ser humano realizadas por las industrias; trayendo consigo, el crecimiento económico e ingreso monetario de los países a nivel mundial. En la actualidad, las industrias presentan grandes procesos que, por lo general, no son autorregulables, generando consecuencias perjudiciales para los recursos naturales como las fuentes hídricas, debido a que, en el flujo de producción, utilizan agua que es mezclada con sustancias nocivas contaminantes no controladas como ácidos, metales pesados, materia orgánica, aceites, minerales y colorantes, para luego, una vez utilizadas estas aguas, se conviertan en residuales cuyos parámetros superan los máximos admisibles, provocando que la industria emisora no respete las leyes y normas establecidas para el control de los mismos; y, finalmente, terminen vertidas al alcantarillado, e inclusive, de forma directa a ríos y lagos sin presentar una adecuada disposición y tratamiento, ocasionando graves problemas de contaminación ambiental, además de afectar la salud humana como también de animales y plantas.

Los avances de la tecnología disponen de tratamientos físicos, químicos, biológicos y la combinación de estos para las aguas residuales logrando controlar, en muchas oportunidades, su disposición final sin afectar los intereses comunes. Dentro de estas tecnologías tenemos la aplicación de la nanotecnología, la cual, en los últimos años, presenta la efectividad en descontaminar las aguas residuales positivamente, preservando el cuidado del medio ambiente y sus recursos naturales; y, la cavitación que genera la destrucción de contaminantes en el agua debido a sus altas concentraciones de oxidantes.

Según la ANA (2016), el agua se convierte en un recurso natural estratégico que presenta importancia económica, social y ambiental para el desarrollo sostenible del país, por lo que su aprovechamiento tiene que encontrarse en equilibrio en estos tres puntos. Y es precisamente que gracias al valor e importancia que se le otorga a este recurso, varios rubros industriales la emplean como parte fundamental en sus procesos de producción, además de que estas aguas deben presentar una calidad adecuada para poder ser utilizadas; sin embargo, las características de las aguas industriales discrepan de la calidad inicial de

las aguas utilizadas, puesto que sus concentraciones y sus parámetros no vuelven a ser los mismos (VIDALES, LEOS y CAMPOS, 2010, p. 29).

Alrededor de todo el mundo, las industrias, en un 80 % de las aguas que utilizan y se convierten en residuales son vertidas nuevamente a las fuentes hídricas sin presentar el tratamiento que necesitan a fin de evitar la contaminación del medio ambiente (WWAP, 2019). En Perú, aún no se conoce con exactitud el volumen de aguas residuales que pueden generar tanto las industrias formales como las informales (BRÑEZ et al., 2018) generando una falta de control por parte de las autoridades al no contar con estadísticas que ayuden con las labores de fiscalización y el cumplimiento de las normas nacionales establecidas como el Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE que aprueba los límites máximos permisibles y valores referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel. (MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, 2019). A ello se suma la falta de preocupación por parte de los ejecutivos de las industrias en cumplir estas normas, puesto que consideran que el tratamiento de estas aguas genera grandes e innecesarias inversiones. Cabe resaltar que, en el Perú, se ha observado un incremento considerable de las actividades industriales con el fin de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y la economía del país.

De acuerdo con SURYAWANSHI *et al.* (2018) el tratamiento de aguas residuales industriales es un punto importante para la preservación del medio ambiente y la ecología. Si bien se utilizan varios métodos que incluyen separaciones o transformaciones físicas, químicas y biológicas, la mayoría de éstos tienen varias limitaciones debido a la baja eficiencia en la disminución de concentración de contaminantes, la composición de las aguas residuales y el cumplimiento de las normas deseadas con la rentabilidad. Además, muchos de los métodos existentes, como la coagulación, la adsorción, etc., generan residuos secundarios (p. 295).

El problema principal radica en que las aguas residuales industriales, si no reciben el adecuado tratamiento, al momento de ingresar a los ecosistemas acuáticos y marinos perjudican su entorno con el acopio y asentamiento de sólidos, además de la falta de oxígeno que se genera cuando la materia orgánica se descompone de forma aerobia. Adicional a ello, si estos efluentes industriales se vierten de forma directa al alcantarillado perjudica a las plantas de tratamiento de aguas residuales, dado que retrasa los procesos

biológicos para depurar y tratar las aguas para su reutilización gracias a la presencia de ácidos y bases, metales pesados y al aumento de la carga orgánica. (SUNNASS, 2008).

La elaboración de este trabajo de investigación empezó con una revisión a los diferentes trabajos que guardan relación:

Para considerar la tecnología de la cavitación hidrodinámica como un método de aplicación para reducir contaminantes en el agua residual industrial se debe analizar su eficiencia para obtener resultados positivos a nivel industrial, por lo que DULAR, M. *et al.* (2015), en su trabajo científico “Use of hydrodynamic cavitation in (waste)water treatment” desarrollaron un sistema de tratamiento de aguas residuales a grandes escalas industriales aplicando la cavitación hidrodinámica para la eliminación y desintegración de contaminantes empleando tres métodos diferentes; el reactor de cavitación hidrodinámica pulsante, el reactor de cavitación hidrodinámica continua y el reactor de cavitación hidrodinámica de corte inducido, siendo este último el que mejores resultados otorgó debido a que empleó dos rotores enfrentados con ranuras radiales especiales, donde cada uno gira en la dirección opuesta, de esta manera, cuando los dientes de los dos rotores están alineados, el espacio entre ellos se asemeja a la geometría de la boquilla Venturi.

Asimismo, LIU, Z. *et al.* (2016), en su artículo científico “Pollutant and Microorganism Removal From Water by Hydrodynamic Cavitation” diseñaron una plataforma experimental con la cavitación hidrodinámica contribuyendo a la elaboración de equipos para el tratamiento de aguas industriales que puedan utilizar esta técnica presentando un sistema cerrado que incluyó un tanque de retención en el cual se colocaron treinta litros de aguas residuales de petróleo de 100 mg/L y que funcionó con una presión de entrada de 0.25 Mpa o 2.5 bar. Los resultados obtenidos fueron que la tasa de eliminación de la coloridad del agua fue de más del 80.0% después de 3 horas de tratamiento, el DQO inicial de 95.7 mg/L se redujo en un 40% luego de 1.5 h de tratamiento, la concentración inicial de petróleo de 98.73 mg/L se redujo en un 50%; y, la tasa de eliminación de *Escherichia coli* alcanzó el 99,99% en 2 horas.

Otro aporte realizado fue el de DOLTAGE, S. *et al.* (2019), quién en su publicación científica “Hydrodynamic cavitation as an imperative technology for the treatment of

petroleum refinery effluent” plantearon utilizar la cavitación hidrodinámica como tratamiento de efluentes secundarios de una industria petrolera, las cuales provienen del área de tratamiento biológico de la refinería y que presentan problemas con la carga microbiana y la reducción de la demanda química de oxígeno. Presentaron un tanque de retención de 20 L de volumen, una bomba de desplazamiento, válvulas de control, tres líneas principales con diferentes reactores de cavitación (CN0, CN1 y CN5) y una línea de derivación, bomba alternativa de 2 Hp con un variador de frecuencia (VFD) en la configuración, dos manómetros para controlar la presión antes y después del reactor. El lado de succión de la bomba está conectado a la parte inferior del tanque y se descarga desde las ramas de la bomba hacia las líneas principales y una línea de derivación. El agua se hizo circular continuamente durante 50 pases a través del reactor de cavitación y las muestras para el análisis se recolectaron después de un intervalo de 10, 30 y 50 pases respectivamente. Los resultados que obtuvieron con el tratamiento han sido descritos mediante porcentajes de reducción y para presiones de 3, 5 y 7 bar respectivamente; en el caso del reactor de cavitación CN0, el porcentaje de reducción de bacterias (UFC/ml) fue de 32.04%, 38.66% y 24.32% y para el DQO (mgO₂/L) de 37.39%, 29.41% y 1.11%; en el reactor CN1 se obtuvo para las bacterias 47%, 18% y 7%, y para el DQO de 6%, 9% y 54%; finalmente para el reactor CN5 en las bacterias fue de 51.24%, 61.43% y 42.15%, y para el DQO fue de 35.62%, 51.49% y 22.05%.

Para KOLHE, N., GUPTA, A. y RATHOD, V. (2017), en su publicación científica “Production and purification of biodiesel produced from used frying oil using hydrodynamic cavitation” se enfocaron en obtener una opción para producir biodiesel a partir de la optimización de metanol y concentración de hidróxido de potasio en aceite para freír mediante la aplicación de la cavitación hidrodinámica. Emplearon un tanque para 10 litros de muestra, una bomba centrífuga la cual tenía incorporada una placa de 16 orificios de 3 mm para producir la cavitación; y, tanto el tanque como la bomba se conectaban mediante una tubería bifurcada controladas por válvulas y manómetros. Al tanque se vertieron 6420 ml de aceite de freír usado mezclado con KOH y metanol, cavitando alrededor de 2 horas y sustrayendo muestras en lapsos de tiempos diferentes. Los resultados demostraron que la obtención de biodiesel con este método es 93,5% en un periodo promedio de 30 minutos.

De igual manera, MONTUSIEWICZ, A. *et al.* (2017) en su artículo científico “Hydrodynamic cavitation of brewery spent grain diluted by wastewater” examinaron la conveniencia de la aplicación de la cavitación hidrodinámica como una técnica de tratamiento previo para mejorar la biodegradabilidad de la fabricación de grano gastado antes de su digestión anaeróbica. Debido a los requerimientos del dispositivo de cavitación, el sustrato se diluyó con agua residual municipal pretratada para reducir el contenido de sólidos totales. El circuito cerrado consistió en un dispositivo de cavitación conectado por tuberías a un tanque de circulación con capacidad de 30 L y una bomba centrífuga que generaba presión en el sistema. Los resultados obtenidos fueron que para el DQO se obtuvo una eficiencia de remoción de 24.2%, para la hemicelulosa fue de 25.5%, en la celulosa de 4.4% y en lignina de 2.3%. Finalmente podemos afirmar que la cavitación hidrodinámica es adecuada para aplicaciones reales y puede operar en modo continuo, además, esta tecnología es de configuración simple, operación conveniente y presenta un bajo costo de mantenimiento y tiene las ventajas de alta eficiencia, ahorro de energía y respeto al medio ambiente.

La tecnología de cavitación hidrodinámica presenta capacidad bactericida tal y como lo indica ESTEBAN, H. (2018) en su artículo “Desinfección bacteriana de aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica a través de un tubo Venturi” debido a que presentó como objetivo el estudio sobre la cavitación hidrodinámica en una tobera y la determinación de su poder bactericida para desinfectar las aguas del río Santa Clara en Ecuador. Empleó un circuito cerrado de tubos de PVC y mangueras de alta presión, en el que en un tubo Venturi se controlaba la velocidad del flujo del río y se cambiaba la presión estática para realizar diferentes sistemas de cavitación, las cuales fueron a presión de 2 bar y 3 bar, en un lapso de 65 minutos. Analizó que al aumentar la presión el porcentaje de desinfección también aumenta, evidenciándose en que a presión de 2 bar de descarga el porcentaje de desinfección fue 72.8% y para una presión de 3 bar fue de 99.5%.

Igualmente, KOZEL, J. *et al.* (2017), en su investigación científica “Efficient inactivation of MS-2 virus in water by hydrodynamic cavitation” demostraron que la cavitación hidrodinámica presentó una intensidad agresiva y que a través de un tubo Venturi puede aumentar la eliminación del virus controlando la presión donde colapsan las burbujas. Emplearon dos reactores de cavitación hidrodinámica para capacidades de volumen de 3 ml y de 1 litro, siendo este último construido con dos reservorios, una constricción

simétrica del tipo Venturi hecho de vidrio acrílico que conecta ambos reservorios y una válvula de 3 vías que controlan automáticamente el flujo del aire presurizado. La muestra es depositada en uno de los reservorios para que con la apertura de la válvula pueda pasar hacia el otro reservorio produciéndose la cavitación. Los resultados obtenidos fueron que después de 208 pases por el reactor de cavitación hidrodinámica no se observaron placas de fagos MS-2 disminuyendo la infectividad del virus. Se puede determinar la cavitación hidrodinámica aumenta su capacidad bactericida a medida que es aumentada la presión, sin embargo, aún no presenta una completa protección residual bacteriana por lo que, el rebrote podría surgir.

Para JAIN, P. *et al.* (2019), en su publicación “Hydrodynamic cavitation using vortex diode: An efficient approach for elimination of pathogenic bacteria from water” evaluaron dos diferentes reactores de cavitación, orificio y diodo vórtice para la destrucción de bacterias gramnegativas (*Staphylococcus aureus*) y grampositivas (*Escherichia coli*) en aguas residuales. El reactor de orificio consistió en un solo orificio de 3 mm y el dispositivo de vórtice presentó un diámetro de cámara de 66 mm, se utilizaron de 12 a 20 litros de efluente, la temperatura fue controlada con un sistema de enfriamiento y las caídas de presiones a las que trabajó el equipo fueron para el diodo vórtice a 0.5, 1.0 y 2.0 bar y para orificio a 2, 5 y 10 bar durante 1 hora respectivamente. La desinfección utilizando el diodo vórtice para la *E. Coli* fue a 0.5 bar de 99%, a 1.0 bar de 99% y a 2.0 bar de 99%; y para la *S. Aureus* a 0.5 bar de 63%, a 1.0 bar de 98% y a 2.0 bar de 98%; en el caso del reactor de orificio para la *E. Coli* fue a 2.0 bar de 97%, a 5.0 bar de 99% y a 10.0 bar de 99%; y para la *S. Aureus* a 2.0 bar de 68%, a 5.0 bar de 88% y a 10.0 bar de 98%.

El proceso físico de cavitación hidrodinámica va a ocurrir debido a la presencia de reactores que generen las cavidades específicas requeridas y, por ello, RANDHAVANE, S. (2018), en su artículo científico “Comparing geometric parameters in treatment of pesticide effluent with hydrodynamic cavitation process” presentó analizar la cavitación hidrodinámica comparando dos configuraciones diferentes de placas de orificio en la degradación del pesticida clorpirifos y la demanda química de oxígeno (DQO) de efluentes reales. Presentó un circuito cerrado que contiene un tanque, una bomba centrífuga, válvulas de control, placa de orificio, bridas para colocar la placa de orificio, medidores de presión para medir la presión aguas arriba y abajo y, la disposición de la

camisa de refrigeración para hacer circular agua fría alrededor del tanque de retención. El lado de succión de la bomba está conectado a la parte inferior del tanque de retención y las ramas de descarga en dos líneas, a saber, la línea principal y la línea de derivación que tienen las válvulas V2 y V3, respectivamente colocadas en los lugares apropiados. Además, contó con dos tipos de placas de orificios, la primera de 17 agujeros cada uno de 1,5 mm de diámetro; y, la segunda, 1 orificio con 2 mm. Los resultados fueron que la placa de orificio 1 produjo más eliminación en el DQO (58%) y CPF (88%) al final de 1 hora, además la presión máxima de entrada para que exista eficiencia en el proceso fue de 5 bar; ello se debe a un colapso mejorado de las cavidades debido a que hay más orificios con un diámetro menor de orificios en la placa 1.

Asimismo, SURYAWANSHI, P. *et al.* (2018), en su artículo científico “Solvent Degradation Studies Using Hydrodynamic Cavitation” plantearon comparar la efectividad de este método en condiciones de flujo lineal y de flujo de vórtice. La metodología para armar los equipos incluyó un tanque de retención de 60 L de capacidad, bomba centrífuga multietapa de alta presión, válvulas de control, un sistema de refrigeración, un transmisor de flujo, transmisores de presión, detector de temperatura y reactores de cavitación en forma de diodo vorticial y orificios circulares de 3 mm de diámetro con válvulas de aislamiento apropiadas para cada equipo respectivamente. La cavitación hidrodinámica se llevó a cabo independientemente usando el diodo vórtex y el de orificio para una muestra de 20 L de solución de un contaminante conocido. La degradación de los disolventes orgánicos se examinó para las dos concentraciones de 100 y 500 ppm y la presión en el rango de 0.5 a 2.0 bar para diodo vórtice, mientras que de 2.0 a 8.0 bar para el de orificio. Los resultados obtenidos demuestran que el equipo utilizando el diodo vórtex alcanza una disminución de DQO hasta un 80% empleando una presión de 0.5 bar y con el equipo de orificios alcanza un porcentaje de remoción de 70% utilizando 8 bar. Para ambos estudios ocurre la disminución del DQO en la que la cavitación hidrodinámica parece ser una tecnología atractiva para la eliminación de solventes de aguas residuales industriales dependiendo en gran medida de la naturaleza del dispositivo de cavitación, del solvente y la geometría del reactor.

También, DONG, Z. y ZHAO, W. (2018) en su investigación científica “Killing rate of colony count by hydrodynamic cavitation due to square multi-orifice plates” experimentaron diferentes tipos de reactores para determinar los efectos del tamaño del

orificio, el número de orificio, el diseño del orificio, la velocidad del orificio, el número de cavitación y el tiempo de cavitación en el recuento de colonias de bacterias que destruye la cavitación hidrodinámica en agua cruda. Trabajaron con 5 placas de 9, 16, 25, 25 y 64 orificios con tamaños de 4.5, 3.4, 2.7, 2.7 y 1.7 respectivamente. El tiempo efectivo de destrucción de colonias de bacterias al 100% fue de 20 minutos; además el aumento del número de orificios, el tamaño más pequeño del orificio y la velocidad del mismo puede mejorar la tasa de mortalidad del recuento de colonias

Se han realizado estudios acerca del proceso de cavitación hidrodinámica combinada con otros procesos de oxidación u otras técnicas para obtener mejores resultados, ello se evidencia en la investigación científica realizada por CEHOVIN, M. *et al.* (2016), titulada “The Enhancement of H₂O₂/UV AOPs for the Removal of Selected Organic Pollutants from Drinking Water with Hydrodynamic Cavitation”, la cual formuló investigar los efectos de la cavitación hidrodinámica en los procesos avanzados de oxidación de H₂O₂/UV y de esta manera, eliminar contaminantes del agua como el colorante de azul de metileno, ácido húmico y otros microcontaminantes; por lo que, utilizaron un sistema cerrado conformado por un tanque desde donde se extraía las muestras de agua para poder realizar el tratamiento a través del reactor UV, éste permitió adherir las placas de orificio y producir la cavitación hidrodinámica del flujo de la muestra logrando resultados para la decoloración completa de azul de metileno hasta en un 15% de reducción, así como del carbono orgánico disuelto entre 30% y 50%.

KARAMAH, E. Y NURCAHYANI P. (2019) plantearon en su publicación científica “Degradation of Blue KN-R Dye in Batik Effluent by an Advanced Oxidation Process Using a Combination of Ozonation and Hydrodynamic Cavitation” el investigar la degradación de Blue KN-R utilizando una combinación de ozonización y cavitación hidrodinámica y la compararon con los métodos singulares correspondientes para evaluar la importancia de la combinación. El reactor de cavitación hidrodinámica presentó una configuración experimental que incluía un depósito de 6 L, una bomba, dos válvulas de control, un medidor de flujo, un manómetro y un inyector Venturi. La degradación de Blue KN-R se realizó con varios métodos de configuración y concentración fija de colorante (100 mg/L) durante 60 min. El resultado obtenido fue más eficiente con la combinación de ambos métodos puesto que, la decoloración alcanzó un 92,63% de

reducción; además, se evaluó los SST a partir de la degradación del efluente de batik obteniendo una reducción de 610 a 123 mg/L (79.84% de remoción).

De igual manera, JOSHI, S. y GOGATE, P. (2019), en su artículo científico “Intensification of industrial wastewater treatment using hydrodynamic cavitation combined with advanced oxidation at operating capacity of 70 L” estudiaron tratar un efluente con alta demanda química de oxígeno a una capacidad demostrada de 70 litros con la aplicación de H₂O₂, Fenton, aire y oxígeno en combinación con la cavitación hidrodinámica para intensificar el tratamiento. Al circuito de cavitación se conectó un tanque separado con capacidad de 3 litros para la adición del peróxido de hidrógeno controlándose la adición con la ayuda de una válvula de bola y los otros oxidantes se inyectaron directamente en el tanque de tratamiento. La presión óptima a trabajar fue de 6 bar durante un intervalo de tiempo de 180 minutos. Determinaron que la reducción para el DQO fue con solo HC de 6%, HC + H₂O₂ de 30%, HC + Fenton de 42%, HC + aire de 15.5%, HC + oxígeno de 42%, HC + Fenton + aire de 52%, HC + oxígeno + Fenton de 63%.

INNOCENZI, V. *et al.* (2019), en su publicación científica “Comparison of performances of hydrodynamic cavitation in combined treatments based on hybrid induced advanced Fenton process for degradation of azo-dyes” estudiaron el rendimiento de la degradación del metil naranja con la aplicación de la cavitación hidrodinámica y en presencia de peróxido de hidrógeno combinado con iones de metales (hierro y níquel). El equipo de HC consistió en un tanque de 1 litro con un tubo Venturi que funcionó como reactor de cavitación y por el cual circulaba el agua gracias al impulso de una bomba centrífuga manteniéndose una temperatura constante de 20°C debido al sistema termostático. La presión de entrada dentro del circuito fue variable de 0.8 a 6 bar y el tiempo de circulación fue de 60 minutos. Se determinó, mediante una primera circulación que la presión ideal para alcanzar una mejor degradación fue a 4 bar. Los resultados finales de degradación del metil naranja obtenidos fueron para solo la HC de 31.57%, HC+ 0.0025% v/v H₂O₂ de 37.94%, HC+ 0.005% v/v H₂O₂ de 53.11%, HC+0.01% v/v H₂O₂ de 18.46%.

Asimismo, SAXENA, S., SAHARAN, K. Y GEORGE, S. (2018), en su investigación científica “Enhanced synergistic degradation efficiency using hybrid hydrodynamic cavitation for treatment of tannery waste effluent” presentaron como objetivo estudiar la

combinación de la técnica de cavitación hidrodinámica con varios agentes de oxidación como O_3 , H_2O_2 y el reactivo de Fenton para obtener una mayor eficiencia de degradación en el tratamiento de aguas residuales de curtiembre. La representación esquemática de la configuración del reactor de cavitación hidrodinámica se trató de un circuito cerrado equipado con un dispositivo de cavitación Venturi, una bomba de pistón de alta presión con una potencia de 1,1 kW y un tanque de almacenamiento de 20 L de capacidad con una camisa de refrigeración. Los resultados alcanzados se tomaron en un tiempo de 120 minutos con una presión óptima de 5 bar y fueron que para el pH aumentó de 7.35 a 7.54, el DQO presentó un 14.46% de reducción, los SST presentaron una reducción de 34.82%, el DBO aumentó de 3200 a 3600 mg/L; para el caso de la muestra diluida con HC, obtuvo en DQO un 18.84% de reducción, HC más O_3 alcanzó la reducción de 26.81%, HC más H_2O_2 fue de 34.35% y HC más Fenton fue 50.20%.

Además, SAXENA, S. *et al.* (2018) en su artículo científico “An advanced pretreatment strategy involving hydrodynamic and acoustic cavitation along with alum coagulation for the mineralization and biodegradability enhancement of tannery waste effluent” estudiaron evaluar la aplicación de la coagulación luego de la cavitación hidrodinámica y ultrasónica para el pretratamiento de aguas residuales de curtiembre con la finalidad de mejorar la biodegradabilidad mediante la reducción simultánea de la demanda química de oxígeno y el carbono orgánico total. Luego de someterse las aguas residuales de curtiembre a dos diferentes tratamientos de coagulación, se aplicó la tecnología de la cavitación hidrodinámica para presiones de 5 bar y 10 bar, y a temperatura constante de $30 \pm 2^\circ C$ durante 120 minutos. Para todas las muestras de coagulación que se aplicó la cavitación hidrodinámica existió el aumento de la biodegradabilidad; en el caso de la muestra del primer tratamiento de coagulación y con presión de 5 bar para HC la reducción de los parámetros fueron en DQO del 35.6%, TOC del 43.9%, SST del 33.2 % y la CE del 11.8%; y con presión de 10 bar fueron en DQO del 24.2%, TOC del 26.2%, SST del 18.6% y la CE del 4.5%; en el caso de la muestra del segundo tratamiento de coagulación y con presión de 5 bar para HC la reducción de los parámetros fueron en DQO del 16.5%, TOC del 18.2%, SST del 3.2 % y la CE del 5.5%; y con presión de 10 bar fueron en DQO del 8.7%, TOC del 6.1%, SST del 2.4% y la CE del 2.1%.

También, KUMAR, S. *et al.* (2018), en su investigación científica “Treatment of ternary dye wastewater by hydrodynamic cavitation combined with other advanced oxidation processes (AOP’s)” estudiaron diferentes combinaciones de la cavitación hidrodinámica con otros procesos de oxidación para lograr la decoloración del tinte ternario. El equipo de cavitación estuvo conformado por un circuito de flujo que incluye un tanque de alimentación, una bomba de desplazamiento positivo, válvulas de control manual, manómetros, un reactor con un orificio de 2 mm., además de un conjunto de vidrio de cuarzo para contener una lámpara de mercurio de alta presión y llevar a cabo los experimentos fotocatalíticos junto con una camisa de circulación de agua fría. Determinaron que la mejor presión para realizar la decoloración fue de 6 bar en un medio ácido (pH=2); en 40 minutos de aplicación obtuvieron para solo la HC una decoloración del 12.46% y HC + H₂O₂ alcanzó hasta el 100%; en 20 minutos de aplicación obtuvieron para solo la HC una decoloración del 8.28%, HC + Fenton alcanzó hasta el 100% y HC+ Foto-Fenton del 98.86%; finalmente, en 120 minutos de aplicación obtuvieron para solo la HC una decoloración del 30.56%, HC + Fotolítico del 74.53% y HC+ Fotocatalítico del 82.13%.

A ello se le suma RAJORIYA, S. *et al.* (2018), con su publicación científica “Treatment of textile dyeing industry effluent using hydrodynamic cavitation in combination with advanced oxidation reagents” quienes investigaron el rendimiento del sistema de cavitación hidrodinámica combinados con reactivos oxidativos para tratar parámetros como la DQO, el TOC y la reducción de color de efluente de industria textil. El diagrama esquemático de la configuración del reactor de HC estuvo provisto de un tubo Venturi para tratar un volumen de efluente constante de 6 litros a temperatura constante de 30 ± 2°C. Determinaron que la presión óptima fue de 5 bar, pH de 6.8 para un tiempo de 120 minutos, dado que la máxima reducción en TOC, DQO y color del efluente era casi del 17%, 12% y 25% respectivamente utilizando solo HC; para HC + Fenton alcanzaron una máxima reducción para DQO a los 60 minutos de hasta 97.7% y para HC + Ozono alcanzaron una máxima reducción de color a los 120 minutos de hasta 88.1%.

KORPE, S. *et al.* (2019), en su publicación científica “Tannery wastewater treatment by cavitation combined with advanced oxidation process (AOP)” estudiaron diferentes formas de cavitación combinadas con agentes de oxidación para mejorar eficiencia del tratamiento de aguas residuales industriales de curtiembre. El equipo de cavitación

hidrodinámica consiste en un tanque de 15 litros, bomba de émbolo, manómetros, válvulas y un reactor de cavitación de un orificio de 2 mm de diámetro. La presión de entrada fue de 5 bar, el tiempo de circulación fue de 90 minutos. Determinaron que la combinación de HC + H₂O₂ otorgó una reducción del carbono orgánico total suspendido (TOC) para 15, 30, 45, 60, 75 y 90 min un porcentaje de reducción de 66.72, 73.81, 76.86, 81.06, 83.45 y 87.36 %.

Por último, DENG, C. *et al.* (2018), en su artículo científico “Effective degradation of oil pollutants in water by hydrodynamic cavitation combined with electrocatalytic membrane” estudiaron el rendimiento de degradación de las aguas residuales de aceite con un método combinado entre la cavitación hidrodinámica y las membranas electrocatalíticas, el cual consistió en dos sistemas cerrados; el primero para producir la cavitación hidrodinámica que consta de una bomba, un depósito en el que se vierte la muestra de agua residual dentro del cual se colocan tubos de refrigeración, un reactor de cavitación que se compone de una placa con 49 orificios de 1 mm, una línea principal que conecta a la bomba con el reactor de cavitación y una línea by pass que recircula el agua del tanque para ingresar al reactor. Luego del tiempo que se asigne al primer proceso, las aguas residuales de aceite entran a través de la válvula de control en un segundo depósito en el que se ejecutan las membranas electrocatalíticas para, finalmente, transferir el agua tratada a un tanque de permeado por medio de una bomba peristáltica. El resultado obtenido por la cavitación hidrodinámica es positivo a pesar de que, en un principio, la concentración de aceite en agua aumentó de 90 mg/L a 215 mg/L en un tiempo de cavitación 2 h, luego disminuye considerablemente hasta 139 mg/L en 5 horas. Si bien es cierto, la tecnología de cavitación hidrodinámica es más efectiva cuando se adicionan agentes oxidantes u otras técnicas, puede también aplicarse sola debido a que también existen porcentajes altos de reducción para los parámetros fisicoquímicos del agua.

En el caso de la tecnología de nanopartículas de plata, la intervención de las mismas con otros compuestos otorga resultados eficaces en cuanto a desinfección bacteriana se refiere, así lo demostraron ABDELHALIM, A. *et al.* (2016), en su artículo científico “Graphene Functionalization by 1,6-Diaminohexane and Silver Nanoparticles for Water Disinfection” presentando la reducción química del óxido de grafeno con 1,6-diaminohexano y nanopartículas de plata para el tratamiento de coliformes totales y coliformes fecales presentes en aguas residuales cerca del Delta del Nilo en Egipto obteniendo como resultados de la técnica la reducción de hasta 99.8%, 100%, 100% y

100% en coliformes totales y 99.99 %, 100%, 100% y 100% para coliformes fecales en cuatro muestras de aguas residuales.

Asimismo, la capacidad bactericida de las nanopartículas de plata ha sido demostrada por DOSOKY, R., KOTB, S. Y FARGHALI, M. (2015), en su trabajo de investigación científica “Efficiency of silver nanoparticles against bacterial contaminants isolated from surface and ground water in Egypt” en la que analizaron la eficacia de las nanopartículas de plata contra las bacterias presentes en las aguas superficiales y las del subsuelo extraídas en Egipto. Los resultados positivos contribuyeron a concluir que es factible utilizar las nanopartículas de plata como método para el tratamiento de aguas, debido a que se demostró la eficacia contra indicadores bacterianos fecales y el recuento total de bacterias de hasta un 74.92 % en aguas superficiales y 53,17% en aguas subterráneas.

Para FEIJOO, P. (2018) en su tesis de investigación “Reducción de microorganismos del agua en la zona rural de la Esperanza Alta – Huaral utilizando nanopartículas de plata sintetizadas con *Rosmarinus officinalis* aplicando química verde” aplicó diferentes dosis de nanopartículas (1, 10 y 20 ml) a 2 litros de muestras de aguas con el objetivo de poder reducir los microorganismos presentes en las mismas. Los resultados fueron para 1, 4 y 11 días después de aplicado el tratamiento con nanopartículas obteniendo para los coliformes totales una reducción de bacterias del 100% desde el primer día de tratamiento, lo mismo ocurrió para los coliformes fecales y para la *Escherichia coli*.

THAMILSELVI, V. y RADHA, K. (2017), en su artículo científico “Silver Nanoparticle loaded corncob adsorbent for effluent treatment” prepararon un adsorbente a base de mazorca de maíz cargado de nanopartículas de plata aplicándolo a efluentes reales de curtiembres, productos lácteos y efluentes de cantimploras. La caracterización por SEM se obtuvo los agregados de nanopartículas de plata bien dispersos, pequeños, esféricos y con tamaños variables de 50 a 70 nm. Los efluentes de curtiembres, lácteos y de cantimploras fueron tratados con 40 g/L de carga de nanopartículas de plata. Finalmente obtuvieron, luego de 240 minutos, la reducción de los parámetros como pH, DQO, DBO, TDS, TSS, Coliformes fecales y *Escherichia coli* de la siguiente manera; para el efluente de curtiembre fue de 10, 77.65, 90, 90.55, 90.82, 100 y 100% respectivamente, para el efluente de productos lácteos, en el pH hubo un aumento, luego para los demás parámetros la reducción fue de 89.28, 95.45, 93.87, 88.99, 100 y 100% respectivamente,

y para el efluente de cantimploras fue de 6.66, 97.18, 95, 93.28, 91.57, 100 y 100% respectivamente.

RAOTA, C. *et al.* (2019) en su publicación científica “Green synthesis of silver nanoparticles using an extract of Ives cultivar (*Vitis labrusca*) pomace: Characterization and application in wastewater disinfection” estudiaron el residuo de *Vitis labrusca* de la producción de vino como fuente de reducción y estabilización de compuestos en la síntesis verde de nanopartículas de plata además de la desinfección de aguas residuales sin tratar. El proceso empezó obteniendo el extracto de orujo de uva (GPE) con 150 mL de una solución hidroalcohólica (50% v/v) a 30 g de orujo de uva y se agitó durante 5 minutos a 300 rpm; las AgNP se sintetizaron a temperatura ambiente combinando volúmenes iguales de la solución de AgNO₃ y GPE. El siguiente paso fue la incorporación de esta solución de AgNP en los gránulos de quitosano con el objetivo de permitir la eliminación de estos materiales del medio después del tratamiento de aguas residuales. La muestra de aguas residuales (250 ml) se trató con 25 gránulos de quitosano-AgNP agitando a 150 rpm durante 30-120 min. El tamaño de las AgNP se obtuvo mediante el TEM, para pH iguales a 7, 8, 9, 10, 11 y 12 fueron 17 ± 3.4 , 55.3 ± 14.6 , 13 ± 13.4 , 2.9 ± 0.7 , 10.0 ± 1.8 y 16.5 ± 4.4 nm respectivamente. La inhibición de bacterias fue del 75,3% para *Staphylococcus aureus* y del 15,2% para *Enterococcus faecalis* y con 1 hora de tratamiento de gránulos de quitosano-AgNP alcanzó una reducción del 47% para la *Escherichia coli*.

Se presentaron diversos métodos para poder combinar las nanopartículas de plata en otras superficies y de esta manera obtener una mayor eficiencia, tal como lo demostraron ZHANG, F. *et al.* (2019), en su publicación científica “Effective water disinfection using magnetic barium phosphate nanoflakes loaded with Ag nanoparticles” en la que propusieron utilizar nanoflakes cubiertos de nanopartículas de plata obteniendo resultados de adsorción y desinfección bacteriana dentro de los 10 minutos de contacto.

De igual manera, se crearon membranas de microfiltración añadiendo nanopartículas de plata para desinfectar el agua de bacterias *pseudomonas fluorescens* que fueron inoculadas en las membranas para luego presentar un efecto antibacteriano en forma de anillo de inhibición y cuyo estudio fue propuesto por MARQUES, A. *et al.* (2015), en su

investigación “High flux microfiltration membranes with silver nanoparticles for water disinfection”.

Otra alternativa accesible fue incorporar nanopartículas de plata a una matriz de poliamida-66 y así obtener un material con función bactericida y desinfectar el agua tal como lo propusieron DEITO, L. *et al.* (2018), en su investigación científica “Silver nanoparticles impregnated with polyamide-66 to disinfect drinking water” obteniendo como resultados nanopartículas de plata de un tamaño entre 20 y 30 nm; además de evidenciarse concentraciones finales para la bacteria *Escherichia Coli* de 1.67, 1.33 y 1.00 UFC/ml. en un 1, 2 y 3 horas respectivamente.

BHARGAVA, S. Y UMA, V. (2018), en su artículo de investigación “Rapid extraction of Cu(II) heavy metal from industrial waste water by using silver nanoparticles anchored with novel Schiff base” presentaron como objetivo la preparación de una novedosa base de Schiff cubierta con nanopartículas de plata con la finalidad de poder retirar iones metálicos de cobre (II) de aguas residuales industriales. La metodología empleada empezó por la preparación de base de Schiff por el método de condensación, luego se sintetizaron las nanopartículas de plata por reducción química en la que se añadió gota a gota un volumen fijo de solución de nitrato de plata a una solución de borohidruro de sodio enfriada con hielo, esta mezcla resultante se agitó hasta formar una solución coloidal; finalmente, se agregó la base de Schiff a la solución nanocoloidal de plata y se agitó durante 10-15 minutos. Para lograr resultados, el metal extraído de las aguas residuales industriales se obtuvo por el método de absorción con bagazo de caña de azúcar y se calculó el porcentaje de remoción del cobre (II). Observaron que la nanobase de Schiff, luego de 15 minutos de encontrarse en contacto con el agua residual, logró un porcentaje de remoción de 90%, sin embargo, pasado ese tiempo, este porcentaje se mantuvo. Sintetizaron que este proceso de extracción de iones de metales pesados es un nuevo enfoque confiable, menos tóxico, rentable y eficaz en el tiempo.

De igual manera, UDDIN, I. *et al.* (2017), en su publicación científica “Synthesis of silver nanoparticles using *Matricaria recutita* (Babunah) plant extract and its study as mercury ions sensor” estudiaron el enfoque biosintético para sintetizar nanopartículas de plata utilizando extracto de plantas de *Matricaria recutita* para detectar iones de mercurio a través de la colorimetría. Para la preparación del extracto de hierbas, se hirvieron 10 g de

la parte del tallo seco *Matricaria recutita* (Babunah) con 100 ml de agua destilada estéril y etanol absoluto durante 20 minutos en matraces, luego se filtró con papel de filtro de 0,2 μm y el extracto se almacenó a 4°C para su uso posterior. La síntesis de nanopartículas se realizó con 2 ml de extracto más 10 ml de solución acuosa 1 mM de AgNO_3 a condición ambiental de temperatura y presión durante un período de 72 h y el extracto de hierbas se separó mediante un papel de filtro en condiciones estériles. El tamaño de la AgNP fue de 11 nm gracias al análisis TEM.

Las nanopartículas de plata pueden ser utilizadas como filtros para purificar el agua tal como lo detallaron RUS, A., LEORDEAN, V. Y BERCE, P. (2017), en su artículo científico “Silver Nanoparticles (AgNP) impregnated filters in drinking water disinfection” el cual consistió en una tapa de botella de doble rosca que funcionaba como filtro y permitió que el agua contaminada fluya desde la botella de soporte hacia la botella receptora mostrando eficiencia en retención de plata y eliminación de bacterias de *E. coli*. Los resultados obtenidos fueron luego dos horas de aplicación en 3 concentraciones de AgNP de 0.1, 0.05 y 0.01mg/L las cuales presentaron la reducción de bacterias en 91.85, 89.14 y 74.92% respectivamente.

GARCÍA - RUIZ, A. *et al.* (2015), en su investigación científica “Síntesis y aplicación de nuevas nanopartículas de plata biocompatibles para el control del crecimiento de bacterias lácticas y acéticas en vinos” analizaron la posibilidad de controlar el aumento de bacterias lácticas y acéticas que se encuentran en el vino por medio de nanopartículas de plata, las cuáles funcionan como agentes antimicrobianos. Para la obtención de las nanopartículas se estabilizaron con polietilenglicol y la molécula glutatión; además, se utilizaron 11 cepas bacterianas cultivándolas con etanol al 6% para presentar similitud a las condiciones del vino. Los resultados comprueban la eficiencia de las nanopartículas de plata de inhibir la crecida bacteriana de las cepas.

Existen diferentes métodos simples, efectivos y respetuosos con el medio ambiente para poder sintetizar nanopartículas de plata además de realizar la caracterización de las nanopartículas sintetizadas por espectroscopía UV-Vis, espectroscopia de transmisión de infrarrojo (FTIR), dispersión de luz dinámica (DLS), microscopia de barrido electrónico (SEM), microscopía de transmisión electrónica (TEM) y difracción de rayos X en polvo (PXRD) como lo demuestran NZEKEKWU, A. Y ABOSEDE, O. (2019), en su artículo

científico “Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using Leaves Extracts of Neem (*Azadirachta indica*) and Bitter Leaf (*Vernonia amygdalina*)”, en el que utilizaron extractos de *Azadirachta indica* (comúnmente conocido como neem) y *Vernonia amygdalina* (comúnmente conocida como hoja amarga). El extracto se preparó tomando 10 g de cada planta molida en un vaso precipitado de 500 ml con la adición de 100 ml de agua destilada y luego agitando durante aproximadamente 15 minutos. La mezcla se incubó durante 30 minutos a 25 °C y se dejó reposar durante otros 30 minutos. El extracto claro se recogió por filtración utilizando papel de filtro Whatman y luego se almacenó en un refrigerador a 4 °C para su uso posterior. Para la síntesis, se preparó una solución acuosa de nitrato de plata (AgNO_3) a una concentración de 0.1 M. Para la reducción de iones Ag^+ , se agregó 1 ml de extracto en un tubo de ensayo limpio y luego se agregaron 9 ml de la solución acuosa de AgNO_3 0.1 M; para el caso de la primera planta se observó un cambio de color a amarillo a marrón después de 30 minutos, y para la segunda, después de 2 minutos. El cambio de color fue monitoreado por análisis de espectroscopia UV-VIS; además, después de 72 horas, se observó que la formación de AgNPs con extractos de neem se completó con un tamaño alrededor de 455 nm y después de 24 horas con las hojas amargas con un tamaño de 460nm.

SALGUERO, M. Y PILAQUINGA, F. (2017), en su publicación “Síntesis y Caracterización de Nanopartículas de Plata preparadas con extracto acuoso de cilantro (*Coriandrum sativum*) y recubiertas con látex de sangre de drago (*Croton lechleri*)” presentaron como objetivo el poder obtener nanopartículas de plata a partir de la síntesis elaborada entre el culantro y la sangre de drago. La metodología para este tipo de síntesis consiste en lavar las hojas frescas y secarlas hasta reducir el contenido de humedad, luego moler las plantas a pequeñas partículas. El extracto es obtenido con la adición de agua destilada a una cantidad determinada de las plantas para luego calentarlas durante un tiempo y temperatura definidos. El extracto se recoge por filtración y luego se almacena en un refrigerador a 4 °C para su uso posterior. Para la síntesis, se preparó una solución acuosa de nitrato de plata (AgNO_3) y se agregó extracto en un tubo de ensayo limpio, con ello se procede al análisis para determinar el tamaño de las nanopartículas mediante ensayos. El tamaño de las nanopartículas de plata fue obtenido mediante microscopía de barrido electrónico, que en el caso de las AgNP de cilantro fue de 50 nm y las de cilantro con látex de sangre de grado fue de 70nm. Recomendaron que se varíe las concentraciones

del nitrato de plata y las proporciones de los extractos para conseguir otros resultados que puedan ser más precisos para la síntesis.

Finalmente, otro método simple para la síntesis in situ de nanopartículas de plata anisotrópica es la que utiliza fibroína de seda como agente reductor a temperatura ambiente bajo un ambiente de luz UV-B propuesto por SANGAPPA, Y. *et al.* (2017), en su publicación científica “Synthesis of anisotropic silver nanoparticles using silk fibroin: characterization and antimicrobial properties” en la que se agrega cientos de miligramos de nitrato de plata a una solución de fibroína de seda (SF) para formar una solución de SF-AgNO₃ transparente e irradiarse con luz UV-B durante 5 h. La mezcla de reacción de SF-AgNO₃ cambia de amarillo pálido a amarillo dorado oscuro. Los resultados demostraron que las nanopartículas de plata presentan actividad antibacteriana contra bacterias Gram-negativas.

Basadas en el método de reducción química, utilizando citrato como agente reductor y glicerol y polivinilpirrolidona (PVP) como estabilizantes se sintetizaron nanopartículas de plata para confirmar la actividad bacteriana contra las cepas de *C. sakazaki*, tal como lo demostraron WANG, H. *et al.* (2018), en su investigación científica “Silver nanoparticles: A novel antibacterial agent for control of *Cronobacter sakazakii*” además de determinar las características de las nanopartículas de plata mediante técnicas analíticas. Agregaron 50 ml de 1 mmol/L de AgNO₃ a un matraz Erlenmeyer, seguido de glicerol y PVP al 1% (vol / vol), respectivamente. El sistema de reacción se ajustó a pH 8 utilizando hidróxido de amonio y la mezcla se hizo hervir en un agitador termostático magnético a 200 rpm, luego se agregaron gota a gota 2 ml de citrato de sodio (1% peso/volumen) durante 30 segundos. El color cambió de incoloro a amarillo y finalmente a negro pardusco. La solución de nanoplate se enfrió inmediatamente a 4°C y se almacenó durante la noche a temperatura ambiente para la maduración intraparticular. Las nanopartículas de plata se obtuvieron mediante centrifugación durante 15 minutos usando una centrífuga refrigerada de alta velocidad y se purificaron con 5 lavados de alcohol al 75% (vol/vol) y agua desionizada. De acuerdo a los resultados, las AgNPs mostraron un pico de absorción a 405 nm y un ancho de 42 nm, además eran esféricas con una distribución de tamaño primario de 20 a 40 nm.

Después de la revisión de los antecedentes, el fundamento teórico de la presente investigación comienza contextualizando las tecnologías para tratamientos de aguas debido a que gracias a los avances que la tecnología proporciona, la sociedad actual ha asumido posturas en la que muchos especialistas denominan informacional por los modelos económicos, sociales y tecnológicos implantados y que se distinguen tal como lo fue en el momento de la revolución industrial (MESA, 2015, p. 12). De acuerdo a ARANA (2005), por los avances de la tecnología es que hoy en día los habitantes del planeta pueden gozar de bienes y servicios como son las comunicaciones, viviendas, transporte, etc. permitiendo el avance de la sociedad; sin embargo, no todos los seres humanos son conscientes del potencial que representa su uso adecuado puesto que la emplean con fines de exponer a la humanidad en un riesgo potencial de destrucción (p. 295).

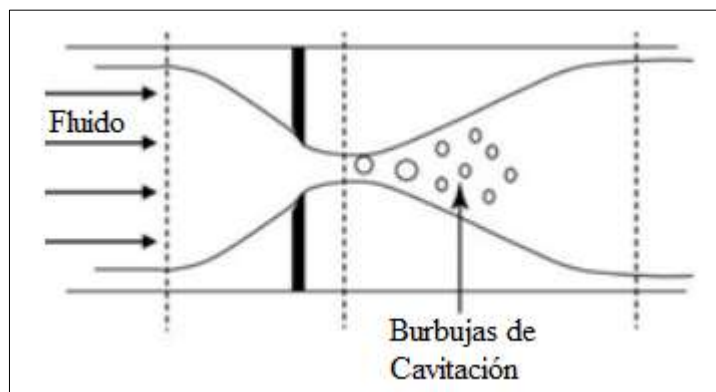
Las tecnologías convencionales para el tratamiento de aguas residuales consisten en la precipitación química, adsorción, intercambio iónico, filtración de membrana, ósmosis inversa, coagulación y floculación, flotación y extracción, irradiación, técnicas de tratamiento electroquímico, procesos de oxidación avanzada y procesos de biosorción. En la mayoría de los casos, dos o más métodos siempre funcionan de manera sinérgica para la remediación (LU y ASTRUC, 2018, p. 148). Actualmente, las nuevas tecnologías como la microfiltración, ultrafiltración (UF), nanofiltración y ósmosis inversa (RO) muestran un alto rendimiento en el tratamiento del agua en comparación con los tratamientos convencionales (ANWAR y ARTHANAREESWARAN, 2019). En el caso de la nanotecnología resulta eficiente poder solucionar los problemas que presentan contaminación de los cuerpos de agua, debido a que el uso de nanomateriales promueve técnicas más avanzadas para el tratamiento de efluentes (CHÁVEZ, 2018, p. 53).

En el caso para el tratamiento de aguas residuales, se debe tener en cuenta la inversión que se quiera realizar, los puntos de sostenibilidad como el ciclo de vida y los recursos con los que se dispone y se asocian con el mantenimiento y operación para escoger la más adecuada tecnología que logre cumplir los objetivos de poder remediar los cuerpos de agua (RODRIGUEZ, GARCÍA Y PARDO, 2015, p. 150).

Entre las tecnologías tenemos a la Cavitación Hidrodinámica que de acuerdo a LIU *et al.* (2018), el término cavitación se define como el fenómeno de formación, crecimiento y el

colapso subsiguiente de microburbujas o cavidades cuando el líquido encuentra un dispositivo de encogimiento en intervalos de tiempo extremadamente pequeños (milisegundos), luego libera enormes energías (p. 18). Este colapso genera densidades muy altas de energía desde 1 hasta 10^{18}kW/m^3 y puede ocurrir en millones de ubicaciones, por ejemplo, en un reactor, y generar condiciones de temperaturas y presiones muy altas dentro y fuera de este, y seguir a condiciones normales de ambiente (GOGATE, TAYAL Y PANDIT, 2006, p. 35).

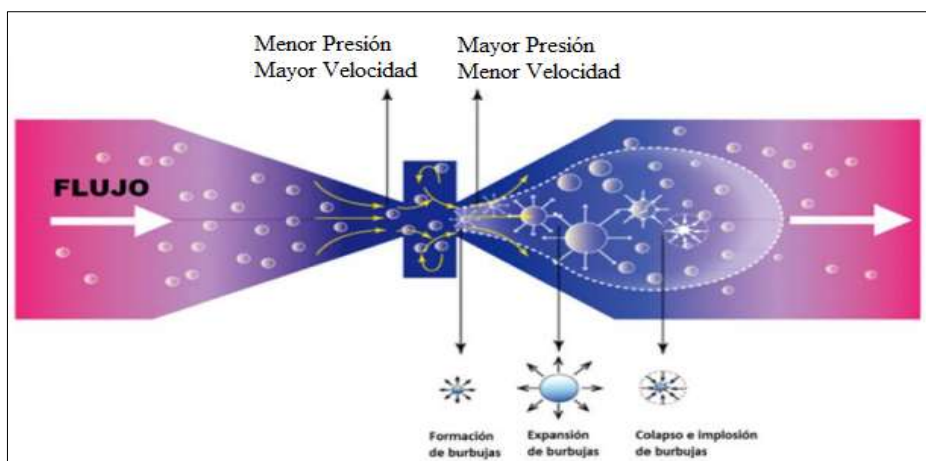
Cuando el líquido pasa a través de una constricción, como placas de orificio o tubos de ventilación, la presión local cae y es menor que la presión de vapor saturada a la temperatura de operación. Ello da lugar a la vaporización de la parte líquida o escapes del gas disuelto en el líquido formando burbujas o cavidades siendo transferidas por el líquido (Figura 1), para luego encogerse y eventualmente colapsar instantáneamente cuando la presión ambiental aumente, liberando grandes cantidades de energía. (LIU *et al.*, 2016, p. 2018).



Fuente: KARAMAH Y NURCAHYANI, 2019, p. 43

Figura 1. Perfil de presión en la cavitación hidrodinámica

De acuerdo a CARRILLO, GALINDO Y GARCÍA (2012), la muestra de agua se dirige de izquierda a derecha, y se acelera al pasar por la restricción causada por el reactor de cavitación llegando a un punto de máxima velocidad y mínima presión en la garganta (Figura 2). De ser la presión alta aguas arriba, ésta no caerá por debajo de la presión de vapor; sin embargo, como la presión aguas arriba es menor se genera la cavitación y se explaya hacia atrás (p. 7).



Fuente: CARRILLO, GALINDO Y GARCÍA, 2012, p. 7

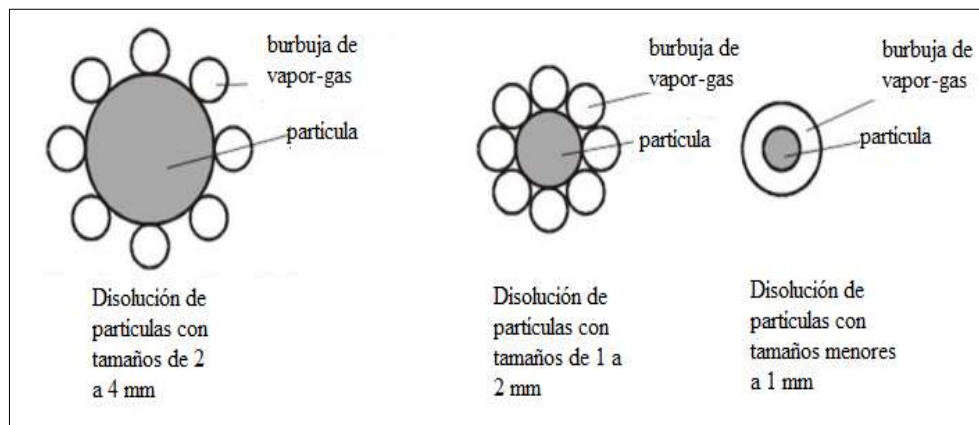
Figura 2. Formación, expansión, colapso e implosión de burbujas

Según THANEKAR Y GOGATE (2018) en la cavitación hidrodinámica se generan cavidades debido a la variación de la presión en los líquidos inducidos a través de constricciones geométricas, como la placa de orificio, Venturi o válvula reguladora incorporada en el flujo de un líquido. Se basa en el principio de Bernoulli interviniendo las alteraciones en la energía cinética y la presión local. La incorporación de constricciones geométricas da como resultado un aumento en la energía cinética asociada con el líquido a expensas de la presión. Si la presión local alrededor de la vena contracta cae por debajo de la presión de vapor del medio, es decir, la presión de umbral para la cavitación, se generan cavidades. Posteriormente, después de las constricciones, debido a un aumento en el área de flujo, la presión se recupera, lo que finalmente resulta en el colapso violento final (p. 3).

Debido a que la cavitación hidrodinámica se relaciona con la formación, crecimiento y colapso subsiguiente de microburbujas o cavidades, el tamaño de las mismas es importante identificarlas y caracterizarlas para determinar su formación mediante este método.

De acuerdo a VITENKO, DROZDZIEL Y RUDAWSKA (2018) se sabe que las burbujas de cavitación presentan un aislamiento parcial de la superficie de las partículas con burbujas de gas de vapor para el acceso de solvente nuevo. La comparación del tamaño de los sólidos y las burbujas de cavitación formadas confirman que el diámetro de las partículas iguales a 0.5mm son menores que el diámetro de la burbuja en la fase de vapor-

gas en todos los rangos de energía en estudio. Por lo tanto, se puede suponer que las partículas con diámetro menor a 0.5 mm son completamente absorbidas por burbujas de vapor-gas, debido a una película formada, por ello, el solvente no se difunde durante algún tiempo y la transferencia de masa ocurre solo después de la implosión de las burbujas, por lo que se deduce que el tamaño de las burbujas puede llegar a diámetros menores de 1 mm (p. 160-161) (Figura 3).



Fuente: VITENKO, DROZDZIEL Y RUDAWSKA, 2018, p. 160-161

Figura 3. Esquema de tamaños de partículas en relación al tamaño de las burbujas

Para las condiciones de operación de la cavitación hidrodinámica, la presión de entrada y la temperatura son parámetros operativos principales que determinan las condiciones de cavitación y, por lo tanto, influyen en la eficiencia de la aplicación de la cavitación hidrodinámica con fines para el tratamiento de aguas residuales.

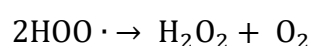
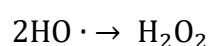
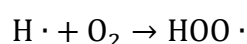
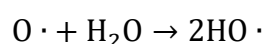
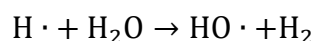
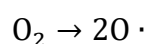
En el caso de la presión, es posible obtener un mayor porcentaje de degradación de un contaminante con un aumento en la presión de entrada; sin embargo, este aumento puede estancarse, e inclusive disminuir produciéndose una supercavitación con la que se reduce la intensidad de la cavitación basada en un colapso amortiguado de la nube de cavidad, lo que disminuye la extensión de la degradación del contaminante (PATIL, BOTE Y GOGATE, 2014, p. 1772-1773). Generalmente, se recomienda usar una presión de entrada óptima que puede depender del tipo de reactor de cavitación hidrodinámica siendo, en términos generales, para las configuraciones de placa de orificio o Venturi de baja presión con bypass, un valor óptimo entre 4 a 6 bar de presión (GOGATE Y PATIL, 2015, p. 63). Para TAO *et al.* (2016) el aumento de la presión de entrada puede aumentar la fluctuación de la presión de turbulencia, elevar la presión recuperada en las regiones

aguas abajo de la constricción y promover el número de eventos de intensidad y cavitación. Más moléculas de agua atrapadas en la cavidad sufrirán una disociación, lo que resultará en una mayor concentración de radicales hidroxilos y una mayor tasa de degradación. Sin embargo, un aumento excesivo en la presión de entrada hará que la cantidad de cavidades sea tan alta que estas cavidades se unan para formar burbujas de cavitación mucho más grandes. Estas burbujas grandes escapan del líquido sin colapsarse o sufren un colapso incompleto, lo que reduce la velocidad de degradación. La presión de entrada óptima depende de la geometría y la configuración del reactor de cavitación. Mientras tanto, diferentes contaminantes requieren diferentes condiciones óptimas debido a diversos mecanismos de eliminación. Por lo tanto, la presión de entrada óptima debe ajustarse individualmente para un contaminante específico (p. 1368).

El efecto de la temperatura en la degradación de contaminantes dentro de un reactor de cavitación hidrodinámica es por medio de dos efectos contrarrestantes: El aumento de la velocidad de reacción cinética y la reducción de la intensidad de la cavitación debido a la mayor volatilidad de las sustancias. Es gracias al aumento de la temperatura que la eficiencia cavitacional disminuye por la formación de cavidades de vapor, sin embargo, el aumento de la temperatura aumenta las tasas de degradación cinética conduciendo a una mayor presencia de contaminantes en las cavidades colapsadas. Por este doble efecto, es muy importante optimizar la temperatura de operación para un compuesto específico en estudio teniendo en cuenta las aplicaciones de tratamiento de aguas residuales. (GOGATE Y PATIL, 2015, p. 63). De acuerdo a TAO *et al.* (2016) en la investigación de la dinámica de las burbujas revelan que, a medida que aumenta la temperatura del líquido, las propiedades como la viscosidad, la tensión superficial y la solubilidad del gas disminuyen; y, por ello, tanto la intensidad de la cavitación como el número de núcleos de cavidad se reducen. Un aumento de la temperatura también promueve la presión de vapor dentro de la burbuja y provoca un efecto de amortiguación que hace que la burbuja se colapse de forma menos violenta. Sin embargo, dado que también se generarán más radicales libres en una burbuja de cavitación a temperaturas más altas, el efecto general es a veces impredecible (p. 1368-1369).

Con respecto a la degradación de contaminantes por Cavitación Hidrodinámica, cuando las burbujas de cavitación colapsan, las temperaturas extremas (hasta 5000 °C dentro de la burbuja de cavitación) y las presiones (aprox. 500–1000 bar) pueden existir localmente

por microsegundos a milisegundos (CEHOVIN *et al.*, 2016. p. 838). A estas enormes temperaturas, las moléculas de agua experimentan una escisión homolítica que produce especies activas, como los radicales OH y OOH o H₂O₂, de acuerdo a como se muestran en las siguientes reacciones (BRAEUTIGAM *et al.*, 2009, p. 745):



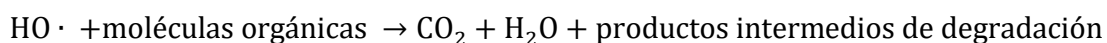
En la cavitación hidrodinámica, las cavidades se forman al pasar el líquido a través de la constricción provista en la línea de flujo. La condición extrema de la cavidad se puede usar para atacar los enlaces moleculares de los contaminantes orgánicos. Bajo tales condiciones extremas, las moléculas de agua se disocian en OH· y H·. Estos radicales OH· luego se difunden en el líquido a granel, donde reaccionan con los contaminantes orgánicos y los oxidan o mineralizan (KARAMAH Y NURCAHYANI, 2019, p. 42).

Generar radicales OH· e implica el fenómeno que acompaña el flujo de líquidos de variables características a través de los canales y es a través de procesos químicos, utilizando específicamente la tecnología, que se ocupa de la degradación de sustancias que son perjudiciales para los seres humanos y el medio ambiente que los rodea (RANDHAVANE, 2019, p. 2).

Existen dos mecanismos principales involucrados en la destrucción de contaminantes orgánicos por cavitación, el primero por la descomposición térmica/pirólisis de la molécula del contaminante volátil atrapada dentro de la cavidad colapsada y, segundo, la reacción de los radicales OH· con los contaminantes. A veces, los efectos mecánicos también son significativos en la destrucción de tales contaminantes. En algunos casos, la alta intensidad de las ondas de choque (que es generada por la cavidad colapsada) puede romper los enlaces moleculares, especialmente los complejos compuestos de gran peso

molecular. Los intermedios desglosados son más vulnerables al ataque de $\text{OH}\cdot$ así como a la oxidación biológica; y, por lo tanto, es factible aumentar la tasa de mineralización/oxidación de dichos compuestos usando la cavitación hidrodinámica como método de pretratamiento (RAJORIYA, 2016, p. 3).

De acuerdo a TAO *et al.* (2016) estudios han demostrado que el tratamiento de aguas residuales debido a la cavitación debe atribuirse a los efectos mecánicos, químicos (como los radicales libres) y térmicos inducidos por el colapso de la burbuja. La fuerte tensión de cizallamiento generada durante el colapso de la burbuja puede descomponer el enlace de carbono y así permitir la descomposición directa de macromoléculas orgánicas en compuestos orgánicos de bajo peso molecular. Además, los puntos calientes locales se generan a medida que el radio de la burbuja se contrae violentamente como se demuestra en la siguiente reacción:



En condiciones de alta temperatura del gas dentro de la burbuja o en la interfaz gas-líquido, las moléculas orgánicas pueden descomponerse directamente en compuestos orgánicos inorgánicos o de bajo peso molecular durante el colapso de la burbuja. Este proceso, que tiene lugar en la solución, es similar a un proceso de reacción de combustión y se denomina combustión en fase líquida. Además, las moléculas de agua atrapadas dentro de la burbuja se descompondrán en radicales libres. Estos radicales libres participarán en las reacciones de oxidación que tienen lugar en la interfaz gas-líquido o líquido a granel (p.1364).

La nanotecnología es un campo importante de la ciencia y la tecnología aplicada que se ocupa del diseño, la síntesis y la manipulación de la estructura de partículas que oscilan entre aproximadamente 1 y 100 nm (NZEKEKWU y ABOSEDE, 2019, p. 695).

Se basa en la creación de sistemas, materiales y dispositivos los cuales se componen de partículas nanométricas sabiendo que 1 nanómetro (nm) equivale a 10^{-9} metros y que terminan explotando nuevos caracteres y propiedades de los materiales tales como nanopartículas, nanogramos, nanohilos a nivel de moléculas y átomos en contextura

sólidas que fácilmente podrían comprender el radio de un cabello de ser humano (TUTOR, 2016, p. 490).

Se definen a las nanopartículas de plata como partículas microscópicas suspendidas en líquido, a través de un estímulo eléctrico positivo, o bien, de forma pura la plata se encuentra suspendida en agua desionizada. Actualmente, se utiliza numerosos compuestos para estabilizar la carga y el tamaño de las AgNPs, de los cuales dependerá su actividad y toxicidad (COUTIÑO, ÁVILA Y ARROYO, 2017, p. 40). Las nanopartículas de plata (AgNPs) tienen una buena conductividad, son químicamente estables y se ha demostrado su buena actividad catalítica y bactericida (RUS, LEORDEAN y BERCE, 2017).

El uso de las nanopartículas de plata y el interés de aplicarlas para el tratamiento de agua potable es relativamente nuevo. Sin embargo, la adición de plata en agua, en concentraciones que muestren actividad bactericida, no afecta el sabor, el color, el olor y otras características fisicoquímicas del agua, y no presenta aparentes efectos perjudiciales sobre las células de los animales (DOSOKY, KOTB y FARGHALI, 2015, p. 176).

De acuerdo a NZEKEKWU y ABOSEDE (2019) las nanopartículas se pueden sintetizar mediante diversos métodos, como reacciones químicas y fotoquímicas en micelas inversas, descomposición térmica, electroquímica, procesos asistidos por microondas y también por métodos biológicos. Entre estos métodos, los procesos biológicos que se basan en bacterias, hongos, productos químicos derivados biológicamente y extractos de plantas se consideran seguros y económicamente viables para la fabricación de nanomateriales (p. 695).

Las propiedades físicas de las nanopartículas de plata dependen de su forma, tamaño, características de superficie y estructura interna, es por ello que al realizar la síntesis puede alterar dichas propiedades. Su tamaño oscila entre 1 nm y 100 nm aproximadamente, por lo que, sus dimensiones ayudan a que pueda existir transferencias de estas en las aguas subterráneas (ZHANG, 2003, p. 323-324). Las características de las nanopartículas pueden sufrir variantes debido al contexto dónde se encuentren, es decir, existen factores como la superficie, la reactividad o la fuerza con que se atraen para que sus propiedades se mantengan (CHAVEZ, 2018, p. 54).

Las características de las nanopartículas de plata se determinan mediante espectroscopia de absorción UV-visible (UV-Vis), microscopía electrónica de transmisión (TEM), difracción de rayos X, espectroscopia infrarroja y métodos de dispersión dinámica de la luz (DLS) para obtener información completa sobre la topografía de la superficie, la distribución del tamaño, la estructura, la conexión de los grupos funcionales de la superficie y la carga de la superficie (WANG *et al.*, 2018, p. 10776).

El tamaño de las nanopartículas se encuentra en la relación superficie-volumen la cual es inversamente proporcional a su tamaño. La efectividad biológica de las nanopartículas puede aumentar proporcionalmente con un aumento en el área de superficie específica debido al aumento en su energía de superficie y reactividad catalítica (DIPANKAR y MURUGAN, 2012, p. 112). Los reductores fuertes producen pequeñas partículas monodispersas, mientras que la generación de partículas grandes es más difícil de controlar. Los reductores más débiles producen reacciones de reducción más lentas, pero las nanopartículas obtenidas tienden a ser más polidispersas en tamaño. Para generar nanopartículas de plata con tamaños controlados, generalmente se utiliza un método de dos pasos; primero, las partículas del núcleo se preparan usando un agente reductor fuerte y se agrandan por un agente reductor débil (MARAMBIO y HOEK, 2010, p. 1533).

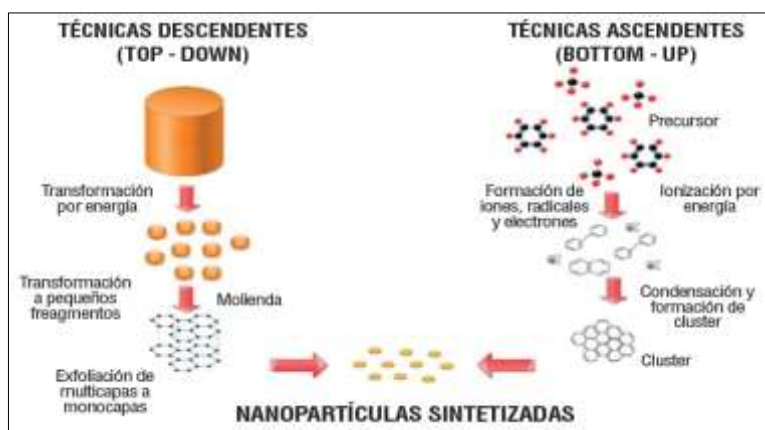
Para las correctas condiciones de operación de las nanopartículas se debe tener en cuenta cualquier condición de reacción que influya en el proceso de mezcla, como la velocidad de adición de reactivo y la velocidad de agitación (revoluciones por minuto), además de las condiciones de temperatura y pH, debe considerarse importante para el tamaño, la morfología y la distribución del tamaño de la nanopartícula (CUSHING, KOLESNICHENKO Y O'CONNO, 2004, p. 3895)

La eficiencia de las nanopartículas se encuentra relacionada con su tamaño que es ajustado en la síntesis, ello se puede realizar en condiciones ambientales usando diferentes medios entre acuosos u orgánicos, debido a la estabilidad que tiene el metal cuando presenta valencia cero.

Una característica importante en la producción de las nanopartículas es la necesidad de mantenerlos físicamente aislados, para prevenir la agregación irreversible. El proceso

para producirlas es una cuestión muy importante, en particular para comprender el crecimiento de las partículas y controlar la distribución del tamaño de las partículas (OLIVEIRA *et al.*, 2005, p. 429).

En general, la síntesis puede clasificarse en dos categorías: “Top-down”, donde el procedimiento implica el uso de materiales a granel, como la plata metálica, que se reduce para formar nanopartículas utilizando procesos físicos, químicos o mecánicos; o “bottom-up”, donde el procedimiento requiere partir de moléculas, átomos o iones para obtener nanopartículas (Figura 4). La mayoría de los enfoques se centran en procedimientos bottom-up, particularmente en líquidos (CALDERÓN *et al.*, 2017).



Fuente: GOMEZ, 2018, p. 77

Figura 4. Síntesis de nanopartículas de las técnicas “Top-down” y “Bottom-up”

Las técnicas de "top-down" comienzan con un material macroscópico o un grupo de materiales a los que se incorporan detalles de menor escala. El mejor ejemplo conocido es la técnica de fotolitografía utilizada por la industria de los semiconductores para crear circuitos integrados grabando patrones en las obleas de silicio (SILVA, 2004, p. 2017)

Los procedimientos “bottom up” (o de autoensamblaje) implican un sistema homogéneo en el que los catalizadores (agentes reductores y enzimas) producen nanoestructuras afectadas por las propiedades del catalizador, los medios de reacción y las condiciones (disolventes, estabilizadores y temperatura) (CAUERHFF y CASTRO, 2013, p.1). La técnica es sintetizar moléculas que se autoensamblan de forma espontánea tras el cambio controlado de un desencadenante químico o físico, como una variación en el pH, la concentración de un soluto o la aplicación de un campo eléctrico. Los mecanismos físicos

que producen el autoensamblaje, es decir, las fuerzas impulsoras que incitan a estas moléculas a autoensamblarse en estructuras organizadas, se deben a la termodinámica y las interacciones moleculares que compiten, incluidas las fuerzas hidrofóbicas o hidrofílicas, los enlaces de hidrógeno y las fuerzas de Van Der Waals que tienen como objetivo reducir estados de energía para diferentes configuraciones moleculares (SILVA, 2004, p. 217).

La síntesis puede obtenerse mediante métodos físicos como la evaporación-condensación y la ablación láser que son los enfoques físicos más comunes para la síntesis de AgNPs y que presentan ventajas tales como la ausencia de contaminación por solventes en las películas delgadas preparadas y la uniformidad de la distribución de las nanopartículas. De esta forma, el resultado son coloides metálicos puros y no contaminados. Sin embargo, estos métodos utilizan dispositivos que suelen ocupar grandes espacios y son caros, consumen una gran cantidad de energía al tiempo que logran la temperatura adecuada alrededor del material de origen y requieren mucho tiempo para lograr la estabilidad térmica (RUS, LEORDEAN y BERCE, 2017).

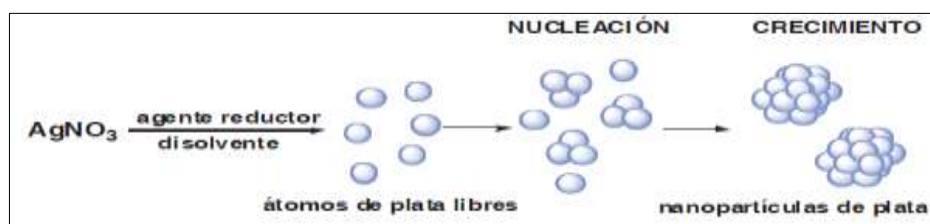
La síntesis de nanopartículas en la fase de vapor tiene varias ventajas sobre otros métodos como la pureza química controlada y la generación de grupos con superficies libres. Se ha demostrado que la selección de tamaño también es posible en la fase gaseosa. Sin embargo, las movibilidades atómicas más bajas en la fase sólida pueden inhibir la síntesis de las partículas (KRUIS, FISSAN y RELLINGHAUS, 2000, p. 329). Este proceso podría llevarse a cabo utilizando un horno de tubo a presión atmosférica, sin embargo, la generación de nanopartículas en este equipo presenta varios inconvenientes debido a que ocupa un gran espacio, consume una gran cantidad de energía cuando se eleva la temperatura ambiental alrededor del material de origen y requieren de mucho tiempo para lograr la estabilidad térmica. Por estas razones, es difícil aplicar este enfoque a otros campos, tales como el estudio de la inhalación de nanopartículas, la generación de partículas no agregadas y las aplicaciones de sistemas portátiles (JUNG *et al.*, 2006, p. 1663).

La ablación por láser de un sólido inmerso en un medio líquido se ha convertido en un método cada vez más importante para la fabricación de materiales nanoestructurados. Este enfoque físico se usó originalmente para producir nanopartículas de metales nobles

con superficies limpias, que no se pueden lograr con métodos químicos húmedos. De hecho, los procedimientos químicos húmedos, como, por ejemplo, la reducción de una sal precursora con un agente reductor, a menudo conducen a la contaminación de la superficie, principalmente por aniones residuales y el agente reductor. Por otro lado, se espera que los líquidos de ablación con láser provoquen varias reacciones químicas entre las especies y las moléculas eliminadas en el líquido, debido a que las especies expulsadas están altamente excitadas (SYLVESTRE *et al.*, 2004, p. 16864). Este método físico está libre de agentes reductores, que son impurezas potenciales, y es aplicable a la preparación de nanopartículas de cualquier elemento metálico a través de la formación de los átomos metálicos. Los tamaños y la estabilidad de las nanopartículas se pueden controlar cambiando la fluencia del láser. (MAFUNÉ *et al.*, 2003, p.4218).

Los métodos químicos se refieren a la síntesis de las nanopartículas de plata (AgNPs) utilizando agentes reductores orgánicos e inorgánicos. Una ventaja de los métodos químicos es la simplicidad de preparar AgNPs en solución acuosa. En términos generales, para que ocurra la síntesis de las nanopartículas metálicas por método químicos en disolución, es necesario contar con un precursor metálico, un agente reductor y un agente estabilizante (MONGUE, 2009, p. 34).

La formación de soluciones coloidales a partir de la reducción de sales de plata implica cuatro etapas: Nucleación, incubación, crecimiento y maduración; por lo que, el tamaño y la forma de las nanopartículas de plata dependen en gran medida de estas etapas (Figura 5). Además, para la síntesis de nanopartículas monodispersas con distribución de tamaño uniforme, se requiere que todos los núcleos se formen al mismo tiempo. La nucleación inicial y el crecimiento posterior de los núcleos iniciales se pueden controlar ajustando los parámetros de reacción, como la temperatura de reacción, el pH, los precursores, los agentes de reducción y los agentes estabilizantes (MAAZ, 2018, p. 32-33).



Fuente: MONGE, 2009, p. 34

Figura 5. Formación de nanopartículas de plata

Los procesos de nucleación y crecimiento regulan el tamaño de las partículas y la morfología de los productos en las reacciones de precipitación. Cuando comienza la precipitación, numerosos pequeños cristallitos se forman inicialmente (nucleación), pero tienden a agregarse rápidamente para formar partículas más grandes y termodinámicamente estables (crecimiento) (Cushing, Kolesnichenko y O'Connor 2004, p. 3895).

En los últimos años, el desarrollo de métodos para la síntesis de AgNPs ha sido un tema de gran interés. En general, se sintetizan en fase líquida utilizando métodos químicos como: reducción clásica con citrato, reducción con NaBH_4 , reducción con ácido gálico, síntesis de poliol, síntesis con solventes orgánicos y métodos fotoquímicos, electroquímicos y sonoquímicos (CALDERÓN *et al.*, 2017).

El método de reducción química es el más común para producir nanopartículas de plata y consiste en la reducción de nitrato de plata disuelto en agua con un compuesto reductor. Estos agentes tienen la función de reducir el ión Ag^+ a plata metálica Ag^0 . Durante este proceso, es importante utilizar agentes protectores para estabilizar la dispersión de las nanopartículas y evitar su aglomeración (RUS, LEORDEAN y BERCE, 2017). En general, diferentes agentes reductores tales como citrato de sodio, ascorbato, borohidruro de sodio (NaBH_4), hidrógeno elemental, proceso de poliol, reactivo de Tollens, N, N-dimetilformamida (DMF) y copolímeros en bloque de poli (etilenglicol), hidracina y amonio se utilizan para la reducción de los iones de plata (Ag^+) en las soluciones acuosas o no acuosas (MAAZ, 2018, p. 6). Por ejemplo, se tiene el método Sol-Gel el cual se basa en reacciones de polimerización inorgánica que incluye cuatro pasos: hidrólisis, policondensación, secado y descomposición térmica. Los precursores de los alcóxidos metálicos o no metálicos se hidrolizan con agua o alcoholes de acuerdo con el proceso de hidrólisis. Después de que la solución se haya condensado en un gel, se debe eliminar el solvente, por lo que se necesita una calcinación de temperatura más alta para descomponer el precursor orgánico. El tamaño de las partículas depende de la composición de la solución, el pH y la temperatura (BURDA *et al.*, 2005, p. 1034).

También existen otros varios métodos para producir AgNPs, como: técnicas de microemulsión, fotorreducción iniciada con UV, reducción electroquímica, irradiación de

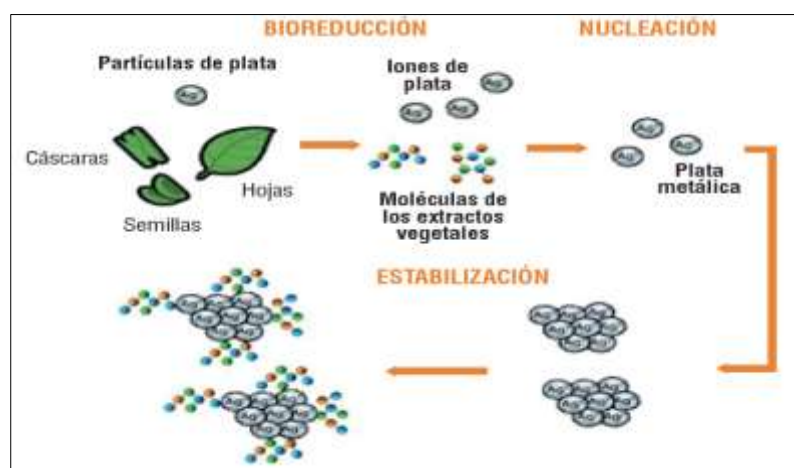
solución, síntesis asistida por microondas o método crioquímico (RUS, LEORDEAN y BERCE, 2017).

Para los métodos biológicos de síntesis de nanopartículas se caracterizan por ser rentables, ahorrar energía y presentar una técnica de protocolos benignos (MAAZ, 2018, p. 36). La biosíntesis de las nanopartículas de plata es un enfoque “bottom-up” que implica principalmente reacciones de reducción-oxidación, en las que las enzimas microbianas o los fitoquímicos de plantas con propiedades antioxidantes o reductoras son las que actúan sobre los compuestos respectivos y producen las nanopartículas deseadas. Los tres componentes principales involucrados en la preparación de nanopartículas utilizando métodos biológicos son el medio solvente para la síntesis, el agente reductor respetuoso con el medio ambiente y un agente estabilizador no tóxico (PRABHU Y POULOSE, 2012, p. 4).

Los extractos de organismos biológicos pueden actuar como agentes reductores y limitadores en la síntesis de AgNPs. La reducción de iones Ag^+ por combinaciones de biomoléculas encontradas en estos extractos como enzimas o proteínas, aminoácidos, polisacáridos y vitaminas es ambientalmente benigna, pero químicamente compleja (SHARMA, YNGAR y LIN, 2009, p. 87).

En el caso de la síntesis verde, existen tres fuentes principales de síntesis de nanopartículas de plata: bacterias, hongos y extractos de plantas. Se tiene antecedentes de síntesis verde de nanopartículas de plata utilizando extractos de sorgo, cianobacterias, extracto de *Cacumen platycladi*, polifenoles del té, extractos de café y té, glucosa, almidón, hongos, geranio, hierba de limón, alcanfor, tamarindo, biomasas de trigo, avena, alfalfa, entre otras (ARPUTHA *et al.*, 2013, p. 534). La síntesis usando plantas es muy rentable y, por lo tanto, se puede usar como una alternativa económica y valiosa para la producción a gran escala de las nanopartículas. Este método depende de una serie de factores como la naturaleza de los organismos, las circunstancias apropiadas para la célula, el crecimiento, la actividad enzimática, los medios de reacción óptimos y la elección adecuada del biocatalizador para obtener la nanopartícula deseada (RUS, LEORDEAN y BERCE, 2017).

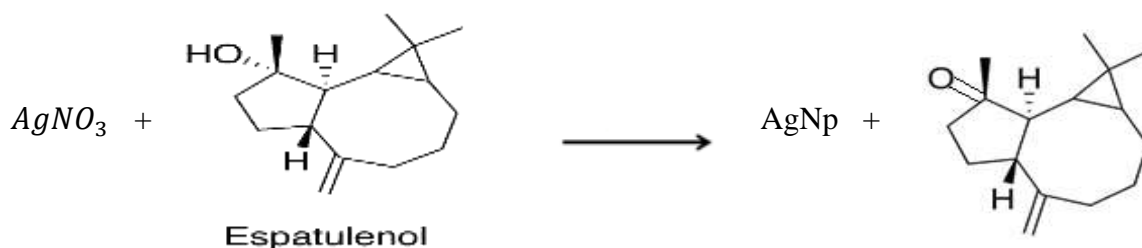
Los extractos de plantas producen el mejor material de cobertura para la estabilización de las nanopartículas de plata, debido a que se ha descubierto que los fitoquímicos presentes en los extractos de plantas son responsables de la reducción de los iones metálicos y el recubrimiento de partículas recién formadas durante sus procesos de crecimiento (Figura 6). Los alcaloides, flavonoides, terpenoides, cetonas, amidas, aldehídos, polifenoles y ácidos carboxílicos presentes en las plantas son buenos promotores para la bioreducción de iones metálicos en nanopartículas y también para apoyar su estabilidad posterior (NZEKEKWU y ABOSEDE, 2019, p. 695).



Fuente: GÓMEZ, 2018, p. 78

Figura 6. Síntesis verde de nanopartículas de plata con plantas

La *Aloysia triphylla* o comúnmente llamado cedrón es una planta originaria del Perú cuyas propiedades medicinales curativas implican la ingesta oral a través de infusiones. Los diversos compuestos químicos que contiene esta planta en su aceite esencial son principalmente el neral, geranial, limoneno, espatulenol y otras variaciones de los terpenos como α -tujeno, α -pineno, cis-carveol, linalol, camferol, dihidrolinalool, citronelol, mentona, isoborneol, α -terpineol, carvona, etc (ROJAS, PALACIOS Y RONCEROS, 2012). (Figura 7). El poder reductor del extracto de *A. triphylla* para sintetizar AgNP puede ser atribuido al espatulenol el cual es un compuesto terpenoide con alto potencial reductor o también a los geraniales y nerales, en todos los casos, estas sustancias otorgan los electrones para reducir el ion plata en plata metálica (LÓPEZ et al., 2016).



Fuente: KUMAR *et al.*, 2015

Figura 7. Síntesis de nanopartículas de plata con espatulenol

La caracterización de las nanopartículas se presenta mediante diversos análisis como el de la técnica de espectroscopía UV-vis la cual analiza la caracterización estructural de las nanopartículas de plata permitiendo corroborar la presencia de las mismas en las síntesis llevadas a cabo y es a partir de este resultado que se pueden realizar los análisis posteriores (DEITO, L. *et al.*, 2018).

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2008), al conceptualizar la calidad del agua debe ser relacionada con la ausencia de contaminantes que representan peligros que afectan la salud de tipo antropogénico o natural, dependiendo del uso que se le otorgue, entre ellos el de riego, industria, recreacional o doméstico, además de contextualizarse de acuerdo a los parámetros físicos, químicos o microbiológicos situados dentro de un rango. De acuerdo a este concepto, se puede entender como calidad de agua a la capacidad esencial que presenta el agua para poder ser utilizada de acuerdo al tipo de requerimiento que se necesite de ella. Según Hernández (2012) con el objetivo de bloquear las enfermedades que se producen a causa de una mala calidad de agua, se debe tener un control de los agentes patógenos que ingresan por el agua y que se convierten en un problema mundial de atención prioritaria. Por lo que, la calidad de agua se relaciona con las normas que establecen los límites máximos permisibles para su utilización y los estándares de calidad ambiental.

La calidad de agua tiende a sufrir contaminación natural debido a la presencia de materia orgánica y antrópica como las descargas de efluentes industriales, por ello, su importancia radica en que se mantenga como el eje principal que permita el desarrollo de la población para realizar sus actividades económicas (TORRES, CRUZ Y PATIÑO, 2009).

De acuerdo a la OEFA, se define como aguas residuales a las aguas que requieren un tratamiento previo para poder ser reutilizadas o vertidas al alcantarillado debido a que no presentan las características iniciales a consecuencia de alteraciones antrópicas (2014, p. 2); y para el caso de las aguas residuales Industriales son todas aquellas aguas que provienen de las actividades que presentan un proceso de producción en sectores como la minería, agricultura, textilería y toda aquella denominada industria (OEFA, 2014, p. 3).

La normativa para la calidad de aguas residuales industriales se basa principalmente en el Decreto Supremo D.S. N° 003-2002-PRODUCE, que aprueban Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de curtiembre, cemento, papel y cerveza (Tabla 1). El límite máximo permisible (LMP) se refiere a los límites de las concentraciones que presentan los parámetros o indicadores de los efluentes o emisiones y que pueden ser causantes de perjuicios al bienestar del ambiente y la salud humana si exceden los estándares establecidos por ley (D.S. N° 003-2002-PRODUCE, 2002) (Tabla 2).

Tabla 1. Límite máximo permisible de efluentes para alcantarillado de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre

Parámetros	Cemento		Cerveza		Papel		Curtiembre	
	En curso	Nueva	En curso	Nueva	En curso	Nueva	En curso	Nueva
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9		6-9
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp.Tot.(mg/l)	100	50	500	350	1000	500		500
Aceites y Grasas (mg/l)			20	15	100	50	100	50
DBO ₅ (mg/l)			1000	500		500		500
DQO (mg/l)			1500	1000		1000		1500
Sulfuros (mg/l)								3
Cromo VI (mg/l)								0.4
Cromo Total (mg/l)								2
N-NH ₄ (mg/l)								30

Fuente: D.S 003-2002-PRODUCE

Tabla 2. Límite máximo permisible de efluentes para aguas superficiales de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre

Parámetros	Cemento		Cerveza		Papel		Curtiembre	
	En curso	Nueva	En curso	Nueva	En curso	Nueva	En curso	Nueva
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	5.0-8.5	5.0-8.5
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Susp.Tot.(mg/l)	50	30	50	30	100	30	50	30
Aceites y Grasas (mg/l)			5	3	20	10	25	20
DBO ₅ (mg/l)			50	30		30	50	30
DQO (mg/l)			250	50		50	250	50
Sulfuros (mg/l)							1	0.5
Cromo VI (mg/l)							0.2	0.2
Cromo Total (mg/l)							2.5	0.5
N-NH ₄ (mg/l)							20	10
Coliformes Fecales (NMP/100ml)							4000	1000

Fuente: D.S 003-2002-PRODUCE, 2002

Dentro de los parámetros físico-químicos del agua tenemos al pH que de acuerdo a CHANG Y COLLEGE (2002) explican que este parámetro se encuentra entre un valor de 0 a 14 demostrando el grado de acidez (valores menores a 7) o alcalinidad (mayores a 7) siendo el valor de pH de 7 como neutro (p. 60). Debido a que la mayoría de organismo presentes en un medio acuoso deben situarse en un rango entre 6.5 y 8 existe el riesgo de alteración para los mismos fuera de este rango ocasionando pérdidas de biodiversidad. La aplicación de la medición de pH puede realizarse tanto in situ como en un laboratorio, existiendo indicadores como lo son las tiras medidoras de pH que varían de color cuando entran en contacto con el agua y con la coloración de patrones impreso en la caja se puede comparar el pH. En el caso de la temperatura, PICQUART (2017) menciona que la temperatura es una magnitud física que permite medir el grado de calor. La necesidad de poder medir la temperatura tanto en el ámbito físico como médico, llevó a la creación del termómetro, el cual puede medir tanto la temperatura atmosférica como las corporales, lo que da respuestas a numerosas inquietudes científicas (p. 1). Para DE MATOS *et al.* (2014) el aumento de la temperatura favorece una mayor multiplicación y un metabolismo

más rápido de los microorganismos, así como una mayor disponibilidad de material orgánico al aumentar la hidrólisis de los compuestos orgánicos; y, al encontrarse en un rango óptimo de 30 a 35 °C, proporciona un aumento en la tasa de agotamiento de oxígeno, permitiendo una degradación más rápida del material orgánico. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno utilizada por microorganismos no fotosintéticos para oxidar compuestos orgánicos, siendo por lo tanto la cuantificación indirecta de la concentración de materia orgánica presente en las aguas residuales y cuerpos de agua (RAMOS, SEPÚLVEDA Y VILLALOBOS, 2003, p. 14); y para la demanda química de oxígeno (DQO), hacen referencia a la cuantía de oxígeno que se va a requerir para que ocurra la oxidación de toda la materia orgánica que se asiente en una muestra de agua bajo ciertas condiciones. Se define como conductividad eléctrica a la suficiencia que presenta el agua para poder trasladar corriente eléctrica y se relaciona con la concentración de los grupos iónicos que se encuentran en el agua que a su vez es una función de la concentración de sólidos disueltos del agua (ionizables). La estabilidad de este parámetro depende en gran parte de la temperatura y sus unidades de medición comúnmente usadas son uS/cm. (SOLÍS, ZUÑIGA y MORA, 2018, p. 36). Los sólidos suspendidos totales se relacionan con todo aquello que podemos encontrar suspendido en la superficie de una muestra y muchas veces se le atribuye su presencia a la turbidez, por lo que, las aguas no deben presentar sólidos. Si fuera el caso, los valores mayores a 1000 mg/L afectan el ingreso de luz, disminuyendo la presencia de vida (GÓMEZ Y DALENCE, 2014, p. 20). Para los aceites y grasas, son consideradas mezclas de ácidos grasos insaturados y saturados que pertenecen a la familia de lípidos en presentaciones en estado sólido y líquido; y compuestos orgánicos presentes en los alimentos. (VIDALES, LEOS y CAMPOS, 2010, p. 29-30). Para las aguas residuales, tienden a convertirse en fijadores de oxígeno disuelto debido a su facilidad para oxidarse considerando que permiten la expansión de microorganismos; además, al presentar menor densidad que el agua, forman una capa superficial impidiendo el paso de oxígeno.

Dentro de los parámetros microbiológicos del agua tenemos a la *Escherichia coli* ubicada su presencia en grandes concentraciones tanto en la microflora intestinal de los seres humanos como de animales; sin embargo, en otras partes del cuerpo puede llegar a ser muy peligrosa, concluyéndose que la transmisión se deba a aguas de escorrentía por el excremento del ganado (ONU, 2008).

De acuerdo a todo lo anterior descrito, el **problema general** de la investigación fue: ¿Las tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata mejorarán la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019?; los problemas específicos fueron dos siendo el problema específico 1: ¿En qué nivel mejora la tecnología de cavitación hidrodinámica a la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019?, y el problema específico 2: ¿En qué nivel mejora la tecnología de nanopartículas de plata a la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019?.

El agua residual industrial analizada es de procedencia de la industria de curtiembre en la región de Lima. Dentro de sus procesos de producción presenta el remojo y lavado de pieles para erradicar la presencia de pelos en el cuero, sometiéndose a un proceso químico con sulfuro de sodio y sal generando aguas residuales las cuales, a pesar de recibir un tratamiento previo al vertido a la red de alcantarillado, sobrepasan los límites máximos permisibles para los parámetros físico-químicos e inorgánicos; por lo que se aplicará tecnologías para realizar el tratamiento de las aguas residuales y su mejora en la calidad de las mismas.

La presente investigación se enfoca en comparar dos tecnologías para determinar en qué nivel mejorarán la calidad de aguas residuales industriales, explicando la funcionalidad de las tecnologías de la cavitación hidrodinámica y las nanopartículas de plata, puesto que con la experimentación y comparación se logrará analizar cuál de estas dos es mucho más adecuada para presentarla como sistema de tratamiento a las industrias que generen efluentes en sus procesos de producción otorgando beneficios a las industrias y en consecuencia, reducir gastos al poder reutilizar el agua. Los análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua se realizaron en el laboratorio de la Universidad César Vallejo.

La justificación de la investigación ha sido dividida de la siguiente manera: Teórica, el empleo de la tecnología de cavitación hidrodinámica permite entregar mayor información acerca de su funcionamiento, debido a que no existen muchas investigaciones acerca de este proceso físico. Además, si bien existen publicaciones acerca del poder bactericida de las nanopartículas de plata, con la presente investigación se otorgarán resultados que abarca la funcionalidad de la tecnología para el tratamiento de los parámetros del agua, contextualizándose en la calidad de aguas residuales industriales y cuyos resultados se

convertirán en indicadores para investigaciones posteriores. Práctica; la investigación plantea considerar el empleo de las tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata como técnicas prácticas para el tratamiento de aguas residuales provenientes del sector industrial, y con la comparación respectiva, otorgar una tecnología que presente una mayor eficiencia para mejorar la calidad de aguas residuales industriales. Ambiental; dentro de sus teorías, indica que la cavitación hidrodinámica es un proceso físico y no necesita el empleo de reactivos para su funcionamiento, es decir es un proceso que no genera residuos; y, en el caso de las nanopartículas de plata, al ser sintetizadas con plantas, reemplazan los reactivos químicos para su reacción, evitando que puedan convertirse en residuos tóxicos, por lo que, finalmente, se considera que ambas tecnologías no causan daño al medio ambiente gracias a los procesos que presentan. Además, al recibir tratamiento los efluentes industriales con estas tecnologías, las aguas pueden ser reutilizadas para otros procesos, de esta manera, se produce la economía circular ambiental. Económica; las industrias al incorporar estas tecnologías en sus procesos de tratamiento de aguas residuales se ahorrarán en el consumo de energía eléctrica, debido a que la tecnología de cavitación hidrodinámica no necesita de altos voltajes para ser utilizada y tampoco emplean reactivos; y, en el caso de la tecnología de nanopartículas de plata, utiliza para su síntesis insumos que no presentan altos costos, lo que genera un ahorro económico. Social; el aporte de la investigación es la facilidad que se le otorga a las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), debido a que, con la aplicación de las tecnologías de cavitación hidrodinámica o las nanopartículas de plata, las aguas que ingresan a las plantas de tratamiento para poder potabilizarlas, presentarán parámetros que faciliten el tratamiento biológico ocurriendo un proceso más eficiente. Además, las poblaciones que se puedan ubicar alrededor de las industrias, de ser vertidos sus efluentes a aguas superficiales, éstas podrán ser utilizadas para su aprovechamiento. Legal; la investigación presenta el propósito de contribuir con la mejora de la calidad de aguas residuales industriales mediante el tratamiento de las tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata, dimensionándose en los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua; para ello, estos parámetros se basan en la legalidad del Decreto Supremo 003-2002-PRODUCE con la finalidad de que no sobrepasen dichos valores. De esta manera, las industrias que apliquen estas tecnologías, cumplirán con los permisos que se les otorga para poder verter sus efluentes tanto a la red de alcantarillado como a las aguas superficiales.

La **hipótesis general** que se contrastó fue la hipótesis alterna (H_1): La tecnología de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata presentan mejoras a la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019; y la hipótesis nula (H_0): La tecnología de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata no presentan mejoras a la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019; las hipótesis específicas fueron dos, hipótesis específica 1: La tecnología de cavitación hidrodinámica si presenta mejora para la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019; y la hipótesis específica 2: La tecnología de nanopartículas de plata si presenta mejora para la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019. El **objetivo general** planteado fue evaluar el nivel de mejora de las tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019; los objetivos específicos fueron dos siendo el objetivo específico 1: Determinar el nivel de mejora de la tecnología de cavitación hidrodinámica para la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019; y el objetivo específico 2: Determinar el nivel de mejora de la tecnología de nanopartículas de plata para la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019.

II. MÉTODO

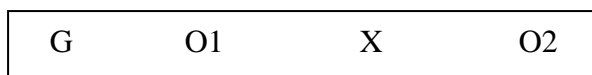
2.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada debido a que se requiere de conocimientos previos para la solución del problema a resolver. El enfoque es cuantitativo debido a que existirá manipulación de variables para contrarrestar las hipótesis, en este caso determinar cuál de las dos tecnologías entre la cavitación hidrodinámica y las nanopartículas de plata será más eficiente para mejorar la calidad de las aguas residuales industriales.

El diseño de investigación es experimental, para HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA (2014), una investigación de diseño experimental será aquella en donde se manipula una o varias variables independientes, para poder analizar las consecuencias de aquella manipulación sobre la variable dependiente (p.129). Para nuestro caso, presentamos dos variables independientes que serán la tecnología de cavitación hidrodinámica y la tecnología de nanopartículas de plata; y, la variable dependiente será la mejora de la calidad de aguas residuales industriales.

De tipo preexperimental, dado que para la toma de resultados no existirá un grupo de control y solo un nivel de manipulación de la variable independiente; se obtendrá un mismo tipo de agua residual industrial y se aplicará la misma metodología tanto para la cavitación hidrodinámica como para las nanopartículas de plata.

El subtipo es pre y post prueba, debido a que se realizará una toma de datos antes y después de aplicar el estímulo, graficada en el siguiente esquema:



G: Muestra de agua residual industrial

O1: Pre prueba, medición de la calidad de agua residual industrial antes del estímulo

X: Aplicación de la cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata

O2: Post prueba, medición de la calidad de agua residual industrial después del estímulo.

2.2 Operacionalización de variables

Tabla 3. Matriz de operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES/ ESCALA
Variable Independiente: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata	La cavitación consiste en un proceso físico por el cual se forman cavidades o burbujas por diferencia de presiones en los fluidos (LIU ET AL., 2018, p. 18) y; las nanopartículas de plata son partículas microscópicas suspendidas en líquido, a través de un estímulo eléctrico positivo, o bien, de forma pura, la plata se encuentra suspendida en agua desionizada; su tamaño oscila entre 1 nm y 100 nm. (COUTIÑO, ÁVILA Y ARROYO, 2017, p. 40).	Las tecnologías serán medidas a través de dos dimensiones que son las nanopartículas de plata y la cavitación hidrodinámica.	Cavitación Hidrodinámica	Condiciones de Operación:	
				Tiempo	min
				Presión	bar
				Temperatura	°C
				Eficiencia:	
			Nanopartículas de plata	Tiempo	min
				Propiedades físicas:	
				Tamaño	nm
				Dispersión	-
				Condiciones de Operación:	
				Tiempo	min
				Revoluciones por minuto	rpm
				Temperatura	°C
				pH	Unidad de pH
				Eficiencia:	
				Dosis de AgNp	mL
				Tiempo	min
				Temperatura	°C
Variable Dependiente: Mejora de la calidad de aguas residuales industriales	Se relaciona con la ausencia de contaminantes peligrosos que afectan la salud y depende del uso que se le otorgue al agua contextualizándose de acuerdo a sus parámetros físicos, químicos o microbiológicos (OMS, 2008)	La mejora de la calidad de aguas residuales industriales serán medidas a través de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua.	Parámetros físico - químicos	Conductividad Eléctrica	uS/cm
				Sólidos suspendidos totales	mg/L
				pH	Unidad de pH
				DBO	mg/L
				DQO	mg/L
				Aceites y Grasas	mg/L
			Parámetros microbiológicos	Escherichia coli	NMP/100 ml

Fuente: Elaboración propia

2.3 Población, muestra y muestreo

2.3.1 Población:

Para la presente investigación, la población estuvo conformada por la totalidad de las aguas residuales de una industria de curtiembre ubicada dentro de la provincia de Lima.

2.3.2 Muestra:

De acuerdo al diseño de la investigación, se tomaron 50 litros como muestra de las aguas

residuales industriales, siendo de tipo compuesta, es decir, se tomaron muestras simples cada 4 horas para luego homogeneizarlas (R.M N° 026-2000-ITINCI-DM, 2010, p. 10).

Las muestras requeridas para el desarrollo de la investigación fueron distribuidas de acuerdo a la tabla 4.

Tabla 4. Distribución de muestras

ACTIVIDAD	VOLUMEN DE MUESTRA (L)
Análisis de parámetros iniciales	2
Aplicación de nanopartículas de plata	8
Tratamiento en el equipo de cavitación hidrodinámica	40
Volumen total	50

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 Muestreo:

La técnica de muestreo es no probabilística y se tuvo en cuenta la R.M N° 026-2000-ITINCI-DM, la cual aprueba el protocolo de monitoreo para efluentes líquidos en industrias.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnica

De acuerdo a FERNÁNDEZ (2004) la observación permite recaudar las características de un grupo o de elementos sin la necesidad de establecer contacto o comunicación entre las partes involucradas, además, estos registros observados permiten analizarlos de forma cuantitativa (p. 84).

La técnica que se empleó en esta investigación es la observación para determinar la calidad de las aguas residuales industriales.

2.4.2 Instrumentos

Los instrumentos que se emplearon y ayudaron a recabar la información necesaria para esta investigación fueron:

- FICHA N°1: Hoja de cadena de custodia
- FICHA N°2: Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata
- FICHA N°3: Caracterización de la tecnología de cavitación hidrodinámica
- FICHA N°4: Registro de resultados

2.4.3 Validez

Para HÉRNANDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA (2014) la validez hace referencia al valor en que un instrumento verdaderamente medirá lo que se quiere analizar (p. 200). Para el caso de la presente investigación, la validez fue medida por la aplicación de los instrumentos con la necesidad de recaudar los resultados de las dimensiones y los cuales fueron revisados por un juicio de expertos en el tema. Los cuatro instrumentos fueron validados y revisados por cuatro ingenieros obteniendo un promedio de 93.78% de validación.

Los especialistas que validaron los instrumentos fueron:

- Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro
CIP: 71998
- Dr. César Edgardo Jiménez Calderón
CIP: 42355
- Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo
CIP: 43444
- Dr. Carlos Humberto Alfaro Rodríguez
CIP: 37913

2.4.4 Confiabilidad

La confiabilidad está relacionada con el grado de obtener resultados iguales siempre que sean aplicados a la misma muestra; es decir, obtener resultados coherentes y contundentes y que se puedan obtener por diversas técnicas. (HÉRNANDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA, 2014, p. 200). Con la validación de los instrumentos por un juicio de expertos, se procedió con la toma de datos necesarios para obtener los resultados requeridos.

2.5 Procedimiento

La investigación se desarrolló siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1: Obtención de la muestra de agua residual industrial

La obtención de la muestra se efectuó teniendo en cuenta la R.M. N° 026-2000-ITINCI-DM, la cual aprueba los Protocolos de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Emisiones Atmosféricas. El agua residual se obtuvo de una industria de curtiembre y se identificó el punto de desagüe de sus efluentes a la red de alcantarillado (Figura 8).



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Ubicación del punto de desagüe de la industria de curtiembre

Materiales y equipos

- Guantes de nitrilo
- Recipiente con capacidad de 50 litros

- Frasco de vidrio estéril de 1 litro
- Frasco de plástico de 1 litro
- Termómetro
- Tiras de pH
- GPS
- Gel congelado
- Cooler para conservación de muestras
- Hoja de cadena de custodia
- Libreta de campo
- Cámara digital
- Etiquetas para rotular
- Marcador indeleble

Para realizar la toma de muestras se extrajeron 50 litros en un recipiente desde el punto de desagüe de efluentes, de los cuáles, 40 litros se emplearon para proceder con el tratamiento en el equipo de cavitación hidrodinámica y los litros restantes serán utilizados en la aplicación de las nanopartículas de plata (Figura 9).



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Obtención de la muestra de agua residual industrial

Además, dentro de estos 50 litros de muestra, se obtuvieron 2 litros para el análisis inicial de los parámetros físico-químicos y microbiológicos los cuales se almacenaron en un frasco de vidrio, frasco de plástico con capacidad de 1 litro y un envase para análisis microbiológicos, y se preservaron en un cooler manteniéndose refrigerados con un gel congelado a 4 °C (Figura 10).



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Recolección de muestras para análisis inicial

Paso 2. Análisis inicial de la muestra de agua residual industrial

En campo se realizaron la toma de medida de los parámetros de pH y temperatura. Las muestras de agua tomadas antes del tratamiento se analizaron en el laboratorio de la Universidad César Vallejo para obtener valores iniciales de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de la calidad de agua residual industrial (Figura 11).



Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Análisis de parámetros iniciales de la muestra

Paso 3. Tratamiento y recolección del agua residual industrial por la aplicación de la tecnología de cavitación hidrodinámica

Se utilizó el equipo de cavitación hidrodinámica diseñado y fabricado por la empresa “PROMEC INGENIEROS” dentro del proyecto Innova. El equipo de cavitación hidrodinámica fue un sistema cerrado que constó de un reservorio con capacidad de 80 litros, el cual estuvo conectado en la parte inferior a una bomba centrífuga con flujo de $4 \text{ m}^3/\text{h}$ que fue regulada mediante una válvula. El agua, luego de pasar por la bomba, fluyó por una línea principal regresando al reservorio. Por la línea principal, se ensambló, junto a la placa de orificios, dos medidores de presión para obtener la presión de entrada constante que fue de 3.2 bar y la presión corriente abajo completamente recuperada, además de un medidor de temperatura y dos válvulas que ajustaron el caudal y la presión (Figura 12).



Fuente: Empresa “PROMEC INGENIEROS”, 2019

Figura 12. Equipo de cavitación hidrodinámica

El reactor de cavitación fue una placa de 17 orificios de 1.5 mm concéntricos, con un grosor de 2 mm que estuvo sujeta al sistema con bridas (Figura 13).



Fuente: Empresa “PROMEC INGENIEROS”, 2019

Figura 13. Placa de orificios

Se recolectaron las muestras tratadas por la tecnología de cavitación hidrodinámica cada 15 minutos en un lapso de 120 minutos. Se calcularon los resultados del pH mediante tiras de tornasol y se anotaron los resultados de la temperatura in-situ (Figura 14).



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Recolección de muestras tratadas por cavitación hidrodinámica

Paso 4. Síntesis de nanopartículas de plata

El proceso para sintetizar las nanopartículas fue el de síntesis verde y se llevó a cabo en el Laboratorio de Química de la Universidad César Vallejo – Lima Norte. La planta *Aloysia triphylla* (Cedrón) fue conseguida en el Mercado Unicachi del distrito de Comas. Se procedió a pesar 10 gramos de hojas para luego lavarlas primero con agua potable y luego con agua destilada dos veces respectivamente, con el objetivo de retirar impurezas. Luego, las hojas se secaron a temperatura ambiente, y, finalmente, se trituraron en un mortero alrededor de 5 minutos (Figura 15).



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Preparación de la *Aloysia triphylla*

Después, para preparar el extracto de la planta, se colocaron en un vaso precipitado de 250 ml las hojas trituradas y se le añadió 150 ml de agua desionizada. Luego, el vaso precipitado con las hojas y el agua se colocó en el agitador magnético a 600 rpm y a 60°C; una vez llegada a esta temperatura se controló la misma por un tiempo de 20 minutos y se procedió a retirar el vaso del agitador para dejar enfriarlo a temperatura ambiente. Finalmente, para la obtención del extracto, se filtró la mezcla obtenida anteriormente con la ayuda de un embudo y papel filtro Whatman N°4 (Figura 16).



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Obtención del extracto de *Aloysia triphylla*

Para la síntesis de las nanopartículas de plata con extracto de *Aloysia triphylla* (AgNP-At), se añadió 5 ml de solución de nitrato de plata a una concentración de 0.001 M a un matraz Erlenmeyer y se tituló gota a gota con el extracto de cedrón hasta observar un cambio de color a amarillo. Se determinó que la cantidad de extracto utilizada para este cambio de color fue de 3 ml y se anotó el valor del pH (Figura 17).



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Síntesis de Nanopartículas de plata con *Aloysia triphylla*

Paso 5. Caracterización de las propiedades físicas de las Nanopartículas de plata

Se preparó una muestra de nanopartículas de plata la cual se colocó en un frasco ámbar de 10 ml de capacidad para llevarlo al Laboratorio de Materiales Avanzados de la Universidad Nacional de Ingeniería, en donde se realizó el proceso de caracterización de las nanopartículas (tamaño y dispersión) mediante el equipo de Dispersión de Luz Dinámica (Figura 18).

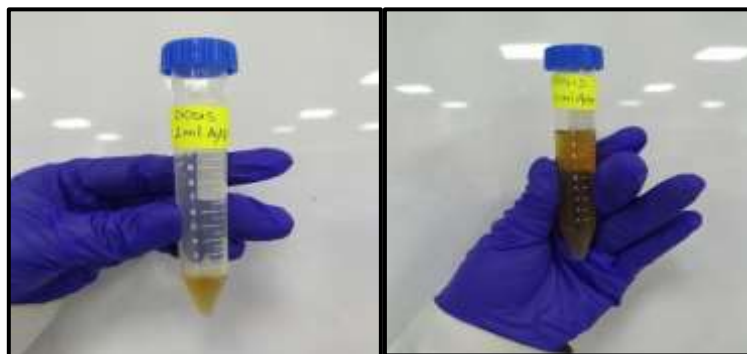


Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Muestra para caracterización de AgNP-At

Paso 6. Tratamiento y recolección del agua residual industrial por la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata

Se elaboraron dosis diferentes de nanopartículas de plata con extracto de *Aloysia triphylla* de 1 ml y 10 ml (Figura 19) y se aplicó el tratamiento de las nanopartículas de plata en 3 muestras de agua residual industrial de 2 litro cada una en dosis de 1, 10 y 20 ml de solución de AgNP-At respectivamente (Figura 20).



Fuente: Elaboración propia

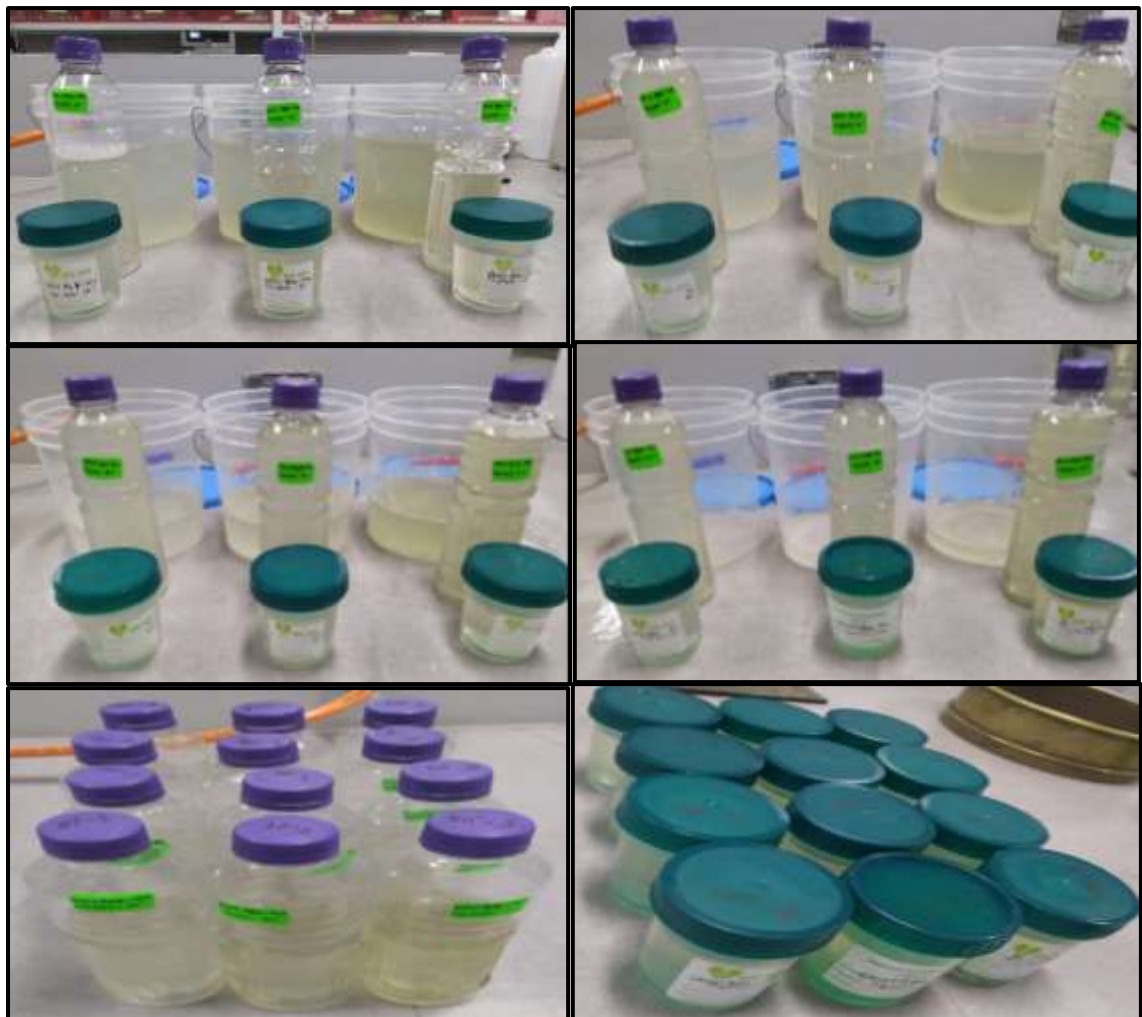
Figura 19. Elaboración de dosis de AgNP-At



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Aplicación de dosis de AgNP-At a aguas residuales industriales

En el caso de la tecnología de nanopartículas de plata se recolectaron muestras de agua residual industrial tratada para 30, 60, 90 y 120 minutos de aplicación (Figura 21).



Fuente: Elaboración propia

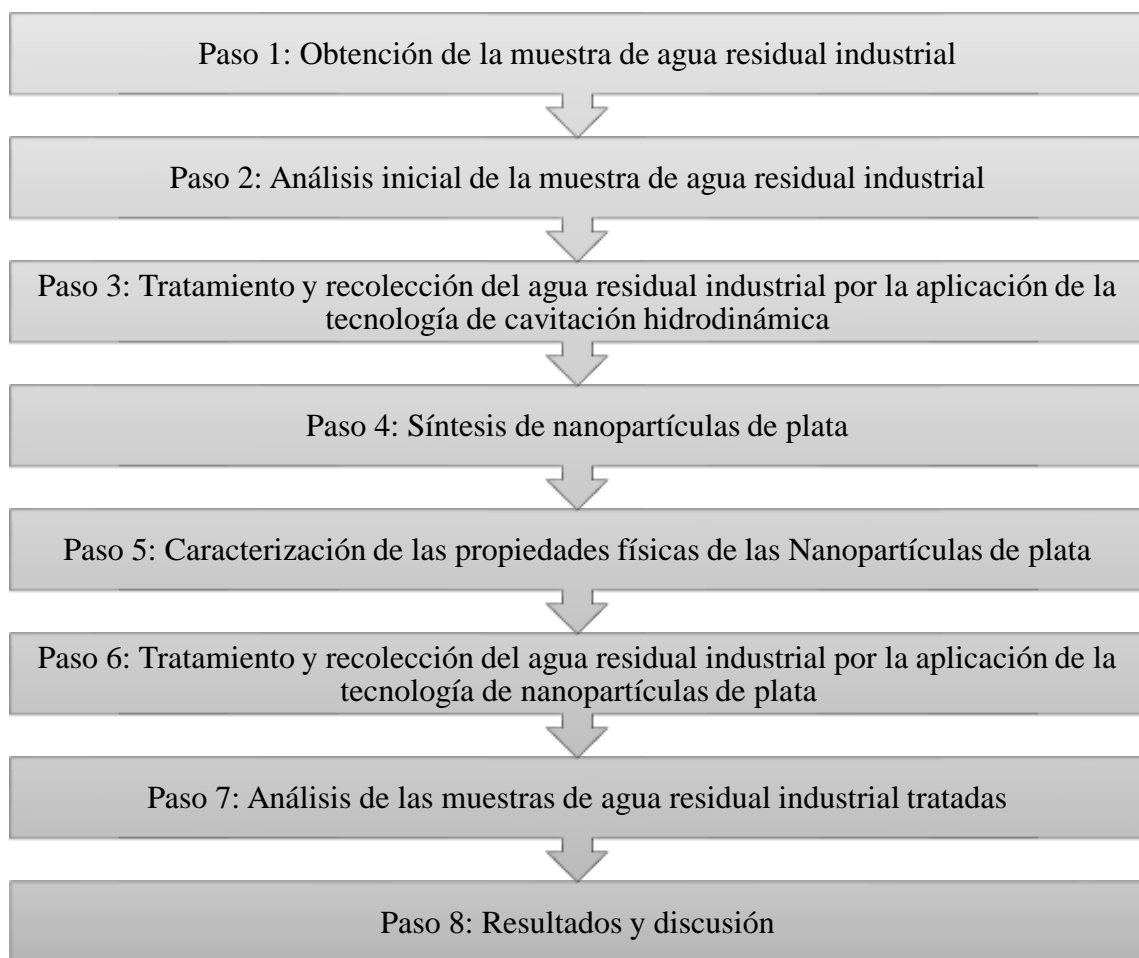
Figura 21. Recolección de muestras tratadas por nanopartículas de plata

Paso 7. Análisis de las muestras de agua residual industrial tratadas

Se analizaron los valores de la calidad de agua residual industrial tratadas con las tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata de acuerdo a protocolos de análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en el laboratorio de química de la Universidad César Vallejo.

Paso 8. Resultados y discusión

Se realizó la comparación de resultados de las muestras iniciales y finales de acuerdo al nivel de mejora de las tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata, de forma independiente, y se contrastaron con investigaciones anteriormente realizadas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Diagrama de flujo del procedimiento de investigación

PROTOCOLOS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS:

A. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):

El método a seguir es el SMEWW-APHA-AWWA-WEF (2012) Part 5210 B, 22nd Ed.

- Solución Amortiguadora o Buffer

Fosfato monopotásico (KH_2PO_4): 0.43 g.

Fosfato dipotásico (K_2HPO_4): 1.08 g.

Fosfato disódico dihidratado (Na_2HPO_4): 3.61 g.

Cloruro de Amonio (NH_4Cl): 0.085 g.

Todos los reactivos en las cantidades antes mencionados se llevan a una fiola y se enrasan con agua destilada hasta 50 ml.

- Solución de Sulfato de Magnesio

Verter 1.125 gramos de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ en una fiola y enrasar con agua destilada hasta 50 ml.

- Solución Cloruro de Calcio

Verter 1.375 gramos de $CaCl_2$ en una fiola y enrasar con agua destilada hasta 50 ml.

- Solución Cloruro Férrico

Verter 0.025 gramos de $FeCl_3$ en una fiola y enrasar con agua destilada hasta 100 ml.

Procedimiento:

Reconocimiento de muestra: Se debe verificar el grado de contaminación de la muestra por el olor y por el color de la muestra para la respectiva dilución (1ml: Altas concentraciones y 10ml: Bajas concentraciones).

En un fiola de 1000 ml, verter 2 ml de cada solución preparada anteriormente y añadir 1 ml de la muestra de agua residual. Luego enrasar hasta 1000 ml con agua destilada previamente agitada por 10 minutos; después, en dos frascos Winkler de 300 ml, verter la solución anterior suprimiendo el oxígeno en el recipiente. Finalmente, obtener el oxígeno disuelto de uno de los frascos, y el restante llevarlo a la incubadora a una temperatura de 21°C durante 5 días para la medición del oxígeno disuelto final. Para determinar el DBO_5 se aplicará la ecuación 1 y la ecuación 2.

$$DBO_5\left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{OD_i - OD_f}{F_d} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 1)}$$

Dónde:

DBO_5 = Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno

OD_i =Oxígeno disuelto inicial

OD_f =Oxígeno disuelto final

F_d = Factor de Dilución

$$\text{Factor de dilución} = \frac{\text{Volumen de la muestra}}{\text{Volumen de la fiola}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 2)}$$

B. Demanda Química de Oxígeno (DQO):

El método a seguir es el SMEWW-APHA-AWWA-WEF (2012) Part 5220 B, 23rd Ed.

- Solución Digestora

Ácido Sulfúrico (H_2SO_4): 33.4 ml

Sulfato de Mercurio ($HgSO_4$): 3.3 g.

Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$): 2.0432 g.

Dejar secar 2.0432 g de dicromato de potasio por 2 horas a 103°C, luego pasar al desecador por 2 horas más; luego todos los reactivos en las cantidades antes mencionados se llevan a una fiola y se enrasan con agua destilada hasta 100 ml.

- Solución Reactiva Ácido Sulfúrico

Sulfato de plata ($AgSO_4$): 0.55 g.

Ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado: 100 ml

Verter 0.55g de sulfato de plata en una fiola y enrasar con ácido sulfúrico concentrado hasta 100 ml.

Procedimiento:

Las muestras de agua deben presentar un pH menor a 2, si no fuese de esa manera, se debe acidificar con 2 ml. de ácido sulfúrico. En caso de encontrarse muy contaminadas (observar el color y olor), se deben diluir, por lo que se tomará 1 ml. de muestra de agua y se verterá en un vaso precipitado hasta enrasar a 50 ml. con agua destilada (factor de dilución 1/50). Se deben preparar una solución que contengan 2.5 ml. de muestra (diluida si fuera el caso) más 1.5 ml. de solución digestora y 3.5 ml. de solución reactiva digestora en un tubo de ensayo, para luego llevarlo a un digestor de bloque y someterla a reflujo por 2 horas a 150 °C. Luego se dejó enfriar la solución a temperatura ambiente y después se procedió a colocarla en la puerta de acceso del Espectrofotómetro UV – Visible ajustado a 600 nm, junto con el blanco y la solución patrón para leer los resultados de las absorbancias y compararlas con la curva de calibración. No deben asentarse sólidos dentro de los tubos de ensayo, los patrones y el blanco antes realizar las medidas de absorbancia. Para determinar el DQO se aplicará la ecuación 3.

$$DQO \left(\frac{mg O_2}{L} \right) = \frac{mg O_2 \text{ en el volumen final}}{ml \text{ de la muestra}} \times 1000 \dots\dots\dots (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

DQO = Concentración de la demanda química de oxígeno

C. Sólidos Suspendidos totales (SST):

El método a seguir es el SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.

Se debe tener papel filtro Whatman N° 4 cortado en forma de disco para que pueda caber en el equipo de filtro al vacío.

Primero, colocar el papel filtro en un crisol o en una luna reloj y llevarlo a una estufa durante 2 horas a una temperatura de 105°C para el secado, luego proceder a pesar el papel filtro en una balanza analítica de 4 decimales para una mejor precisión. Con la ayuda de una pinza, se debe colocar el papel filtro secado en el equipo de filtro al vacío. Seguido, se debe verter en una probeta 50 ml de muestra de agua para proceder con la corrida en el equipo. Luego, retirar el filtro que contiene los residuos secos y colocarlo en una luna reloj para luego ser secado en la estufa durante 24 horas a una temperatura de 105°C. Finalmente, proceder a pesar el filtro con los residuos secos en una balanza analítica. Para determinar los SST se aplicará la ecuación 4.

$$STT \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{A-B}{V} \times 10000 \dots\dots \text{(Ecuación 4)}$$

Dónde:

SST = Concentración de sólidos suspendidos totales

A = peso del filtro final + residuo seco

B = peso del filtro inicial

V = volumen de la muestra filtrada

D. Aceites y Grasas (AyG):

El método a seguir es el SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed.

Extraer de la superficie del agua residual, 500 ml de muestra en un frasco de vidrio de boca ancha. La muestra debe presentar un pH menor a 2, de no ser así, adicionar ácido.

Se procede con la desecación de un vaso precipitado de 100 ml a 108 °C durante 15 minutos, para luego pesarlo y anotar dicho valor. Luego, en un embudo de decantación, adicionar los 500 ml de muestra de agua residual con 50 ml de bencina, con ello se procede a realizar agitación intensa al embudo durante 5 minutos. Se debe observar la bencina en emulsión con el aceite dentro del embudo dejándolo reposar aproximadamente 10 minutos. Después, se enjuaga el envase con alcohol hasta romper la emulsión y si es necesario agitar levemente. Finalmente se procede a extraer el agua y lo restante (bencina y aceite), se debe retirar en el vaso precipitado de 100 ml para llevarlo a la estufa a 108 °C hasta evaporar la bencina. Para determinar los AyG se aplicará la ecuación 5.

$$AyG \left(\frac{mg}{L} \right) = (A - B) * 2000 \dots\dots\dots \text{(Ecuación 5)}$$

Dónde:

AyG = Concentración de aceites y grasas

A = Peso final del vaso precipitado con muestra (mg)

B = Peso inicial del vaso precipitado sin muestra (mg)

E. Escherichia coli

El método a seguir es Enumeration of Fecal Coliforms by NMP method Standard Fecal Coliform Procedure.

Antes de empezar con el procedimiento, se debe realizar la esterilización de los materiales a utilizar que son las placas Petri, las pipetas y los matraces con agua destilada y etanol.

Prueba presuntiva: Se prepara 100 ml de caldo lauryl sulfato que consiste en colocar en un matraz Erlenmeyer 3.560 gramos de caldo lauryl con 100 ml de agua destilada, el cual debe calentarse y agitar. Una vez obtenido el caldo lauryl sulfato se vierten 10 ml de éste en 12 tubos con campana de Durham y se tapa con algodón esteril para finalmente llevarlos a la autoclave a 121°C, 15 bar de presión por 15 minutos. Luego, se deben preparar tres diluciones de la muestra contaminada, cada una con 3 repeticiones, de la siguiente manera:

$10^0 = 1$ ml de muestra de agua

$10^{-1} = 1 \text{ ml de dilución } 10^0 + 100 \text{ ml de agua estéril}$

$10^{-2} = 1 \text{ ml de dilución } 10^{-1} + 100 \text{ ml de agua estéril}$

$10^{-3} = 1 \text{ ml de dilución } 10^{-2} + 100 \text{ ml de agua estéril}$

Una vez obtenida las diluciones se deben incubar por 24 horas a 37°C y se debe observar tubos positivos, es decir, que formen una sustancia lechosa al centro y gas dentro de la campana de Durham.

Prueba confirmativa: Con la confirmación de los tubos positivos de Caldo Lauryl Sulfato, se debe tomar una asada y extraer la burbuja para sembrar por estriado en placas Petri en Agar EMB e incubar las placas a 35°C por 24 horas. Finalmente observar si se forma un halo rosado o naranja.

2.6 Métodos de análisis de datos

De acuerdo a HÉRNANDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA (2014) para poder realizar el análisis de los datos cuantitativos se debe tener en cuenta que el seleccionar un modelo estadístico es representar la realidad, más no se trataría de la realidad misma y que los resultados siempre se interpretan de acuerdo al contexto donde se presente (p. 270).

El análisis estadístico descriptivo se presenta como la manera más fácil de describir resultados debido a que se utilizan estadísticos de frecuencias y tendencias; sin embargo, debido a los resultados obtenidos se utilizó, además, la estadística inferencial. Los softwares seleccionados para el análisis de los datos fueron el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System), el programa estadístico IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) y Microsoft Excel.

2.7 Aspectos éticos

La investigación no revelará la información procedente de la industria en dónde se realizará la toma de muestras debido a un acuerdo de confidencialidad con la finalidad de no alterar y/o agravar la situación de aspectos e impactos ambientales causadas por dicha industria. La información plasmada contará con las debidas citas y referencias considerando el derecho de autoría y la norma ISO 690 y 690-2. Los análisis de las

muestras de agua se realizarán en el laboratorio de la Universidad César Vallejo respaldándose en el juicio de los docentes de las áreas comprometidas y la del asesor temático. Toda la investigación estará sometida al software Turnitin para verificar la originalidad de la misma. Finalmente, todos los puntos indicados líneas arriba siguen la línea del código de ética de la Universidad César Vallejo.

III. RESULTADOS

Caracterización inicial de la muestra de agua residual industrial

A continuación, se detalla los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la muestra de agua residual de la industria de curtiembre, los cuales fueron analizados en el Laboratorio de Biotecnología y Química de la Universidad César Vallejo.

Tabla 5. Resultados de los parámetros físico-químicos tomados In-Situ

TIPO DE MUESTRA	Agua residual de industria de curtiembre	
FECHA DE MUESTREO	06/10/2019	
HORA DE MUESTREO	8:32 a.m.	
COORDENADAS UTM WGS 84	NORTE	8669746
	ESTE	293800.5
PARÁMETRO	RESULTADOS	
Temperatura	19 °C	
pH	12.02	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se indican los parámetros que fueron medidos en el punto de obtención de la muestra de agua residual industrial.

Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos antes del tratamiento

Tabla 6. Caracterización inicial de agua residual industrial

PARÁMETRO	RESULTADOS
Temperatura	19 °C
C.E	2637 uS/cm
SST	713 mg/L
pH	12.02
DBO	859 mg/L
DQO	1883 mg/L
Aceites y Grasas	126 mg/L
Escherichia coli	2400 NMP/100 mL

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se puede observar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se analizaron como la temperatura, la conductividad eléctrica, los sólidos suspendidos totales, el pH, el DBO, DQO, aceites y grasas y la Escherichia coli con el objetivo de poder determinar la calidad de agua en la que se encontró la muestra antes del tratamiento.

Comparación de resultados de la caracterización inicial de la muestra de agua residual industrial con el D.S 003-002-PRODUCE

Debido a que las aguas residuales industriales pertenecían a la industria de curtiembre y eran vertidas a la red del alcantarillado, los resultados preliminares fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S 003-2002-PRODUCE.

Tabla 7. Comparación de resultados de la caracterización del agua residual industrial de curtiembre con los LMP

TIPO DE MUESTRA	Agua residual industrial de curtiembre	
PARÁMETRO	RESULTADOS	LMP
Temperatura	19 °C	35
C.E	2637 uS/cm	-
SST	713 mg/L	500
pH	12.02	6.0-9.0
DBO	859 mg/L	500
DQO	1883 mg/L	1500
Aceites y Grasas	126 mg/L	100
Escherichia Coli	2400 mg/L	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se puede observar que, para los parámetros de los sólidos suspendidos totales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas los resultados de los análisis iniciales sobrepasan a los de los límites máximos permisibles. En el caso de la conductividad eléctrica, se tomó en cuenta este parámetro debido a que, guarda relación directa con la cantidad de sólidos suspendidos totales en el agua y la cantidad de sales presentes; y, el parámetro de la Escherichia coli, se tuvo en cuenta puesto que para mejorar la calidad de aguas es necesario que los parámetros microbiológicos no se encuentren presentes por el daño que ocasionan a la salud y el ambiente.

Resultados de la caracterización de las condiciones de operación de la tecnología de la Cavitación Hidrodinámica

Tabla 8. Condiciones de operación de CH

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CONDICIONES DE OPERACIÓN		
			Tiempo (min)	Presión (bar)	Temperatura (°C)
1	C-01	09/10/2019	15	3.2	23
2	C-02	09/10/2019	30	3.2	28.5
3	C-03	09/10/2019	45	3.2	32.9
4	C-04	09/10/2019	60	3.2	37.5
5	C-05	09/10/2019	75	3.2	40.9
6	C-06	09/10/2019	90	3.2	44
7	C-07	09/10/2019	105	3.2	46.1
8	C-08	09/10/2019	120	3.2	48

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se observa los resultados obtenidos para los indicadores de tiempo, presión y temperatura luego de aplicada la tecnología de cavitación hidrodinámica para las aguas residuales industriales. La presión con la que se realizó el tratamiento fue constante, además a medida que transcurre el tiempo de aplicación, la temperatura va en aumento.

Resultados de la caracterización de las Nanopartículas de Plata

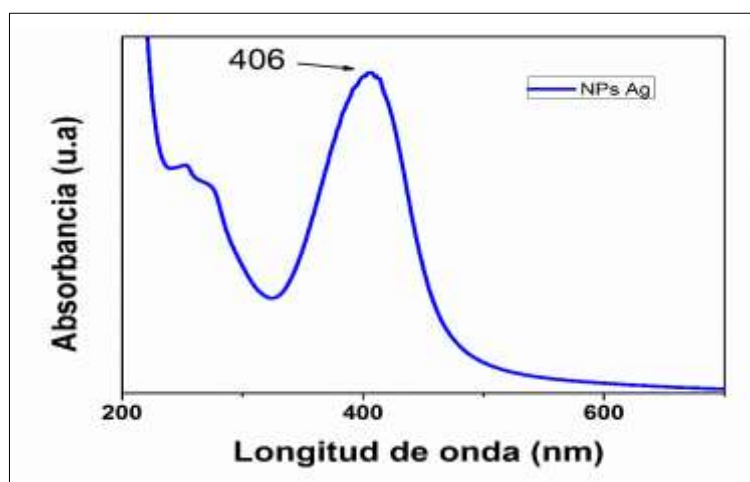


Figura 23. Espectro UV-Vis para nanopartículas de plata sintetizadas

Fuente: Laboratorio de Materiales Avanzados de la Universidad de Ingeniería

Se realizó el análisis mediante el equipo de Espectroscopía UV-Visible (UV-Vis) y al emplear el extracto de cedrón como agente reductor, se aprecia que el pico no es simétrico a pesar de ser estrecho, lo que indica que existe diferentes distribuciones en el tamaño de la nanopartícula, siendo polidispersas (Figura 23).

Tabla 9. Tamaño de las nanopartículas de plata de acuerdo a la posición de los picos de absorción en el espectro UV-Vis

POSICIÓN DEL PICO DE ABSORCIÓN (nm)	TAMAÑO DE LA NANOPARTÍCULA
~ 400	10-14
430	35-50
438	60-80

Fuente: ESCOBAR, 2015

En la tabla 9 se muestra picos de absorbancia para determinar un tamaño aproximado de las nanopartículas de plata. De acuerdo a estos resultados, el tamaño de las AgNP sintetizadas con extracto de cedrón presentan un rango entre 10-14 nm.

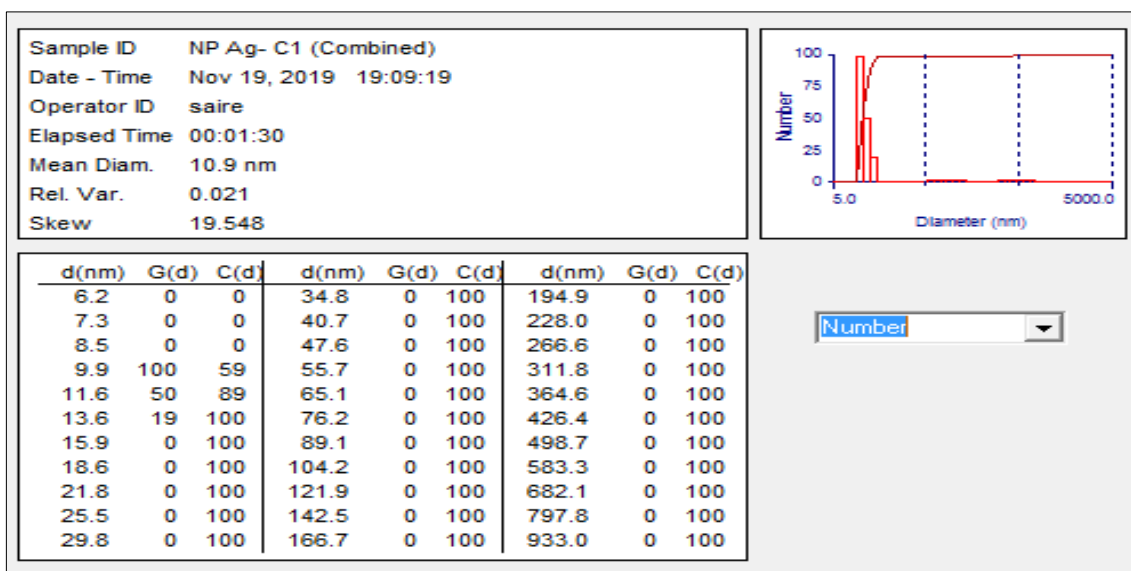


Figura 24. Valores de diámetro medio para nanopartículas de plata sintetizadas

Fuente: Laboratorio de Materiales Avanzados de la Universidad de Ingeniería

Además, se realizó el análisis con el equipo de Dispersión de Luz Dinámica (DLS) y la figura 24 presenta los valores de los diámetros de las nanopartículas de plata tomados en un lapso de tiempo de 90 segundos, para determinar el diámetro medio solo se consideran los datos de d(nm) que tienen un valor diferente de cero para G(d), por lo que las

nanopartículas de plata sintetizadas con el extracto de cedrón presentaron un diámetro medio de 10.9 nm

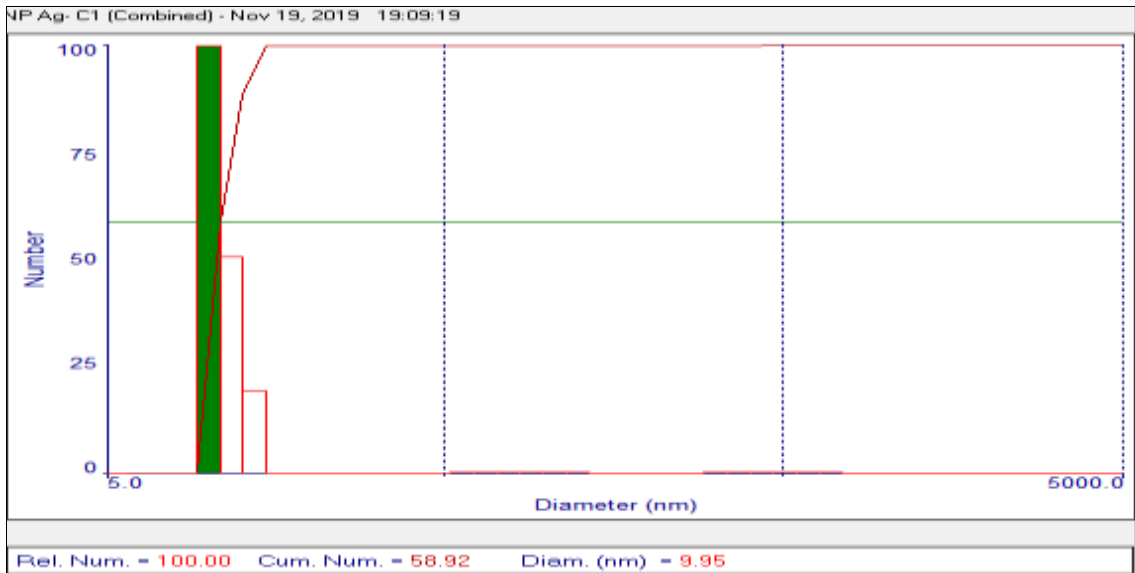


Figura 25. Histograma con el mayor número de conteos de nanopartículas de plata sintetizadas

Fuente: Laboratorio de Materiales Avanzados de la Universidad de Ingeniería

La figura 25 presenta el histograma con los diámetros medios de las nanopartículas que presentaron mayor número de conteos. La barra verde determina que el diámetro medio de las nanopartículas que presentaron mayor presencia (Número Relativo =100) fue de 9.95 nm.

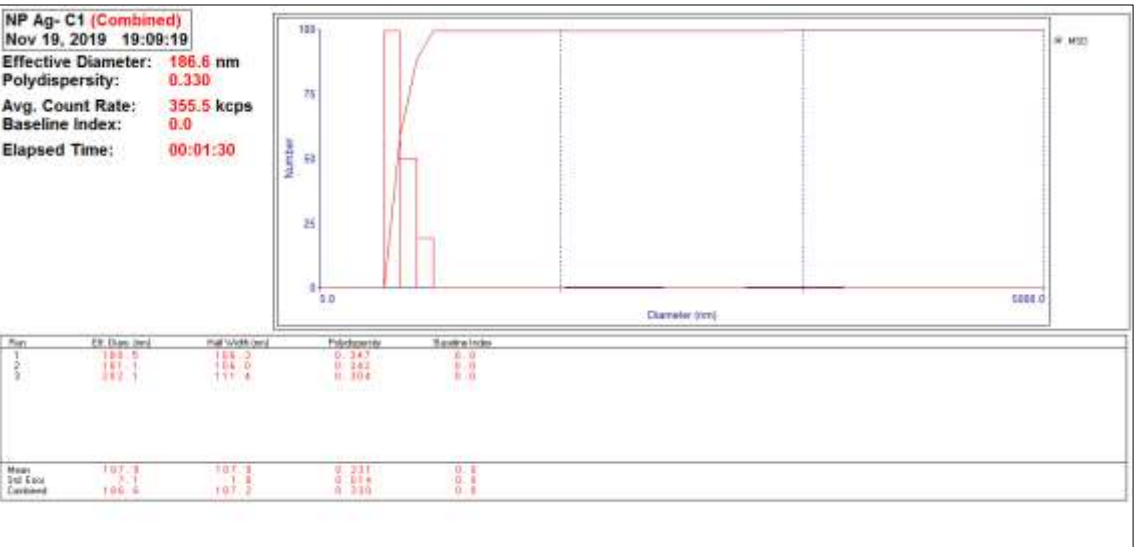


Figura 26. Dispersión del tamaño de las nanopartículas de plata sintetizadas

Fuente: Laboratorio de Materiales Avanzados de la Universidad de Ingeniería

La figura 26 muestra las diferentes familias de tamaños de nanopartículas de plata presentes en la muestra analizada que definen la dispersión de las mismas con un valor de 0.330, considerando un diámetro efectivo de 186.6 nm.

Tabla 10. Propiedades físicas de la caracterización de las nanopartículas de plata sintetizadas

INDICADORES	RESULTADO
Tamaño	10.9 nm
Dispersión	0.330

Fuente: Laboratorio de Materiales Avanzados de la Universidad de Ingeniería

La tabla 10 muestra los resultados de los indicadores de tamaño y dispersión de las nanopartículas de plata obtenidos mediante el análisis de Dispersión de Luz Dinámica como parte de la caracterización de las mismas.

Resultados de las Condiciones de Operación de las Nanopartículas de Plata

Tabla 11. Condiciones de Operación del extracto de Aloysia triphylla

INDICADORES	RESULTADO
Tiempo	20 min
Revoluciones por minuto	600 RPM
Temperatura	60°C
pH	6.80

Fuente: Elaboración propia

La tabla 11 muestra los resultados de los indicadores para las condiciones de operación en las que se ha obtenido el extracto *Aloysia triphylla* (Cedrón). Con respecto a la síntesis de nanopartículas de plata, la obtención se realizó mediante una mezcla directa de nitrato de plata y el extracto.

Resultados de la aplicación de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica

Los resultados de la temperatura obtenidos por la aplicación de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica, la cual fue estimada cada 15 minutos y durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Resultados de la CH – T (°C)

Tiempo	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
15'	23	23.5	23.8	23.43
30'	28.5	28.5	28.6	28.53
45'	32.9	32.9	32.9	32.90
60'	37.5	37.5	37.5	37.50
75'	40.9	40.9	40.9	40.90
90'	44	44	44	44.00
105'	46.1	46.1	46.1	46.10
120'	48	48	48	48.00

Fuente: Elaboración propia

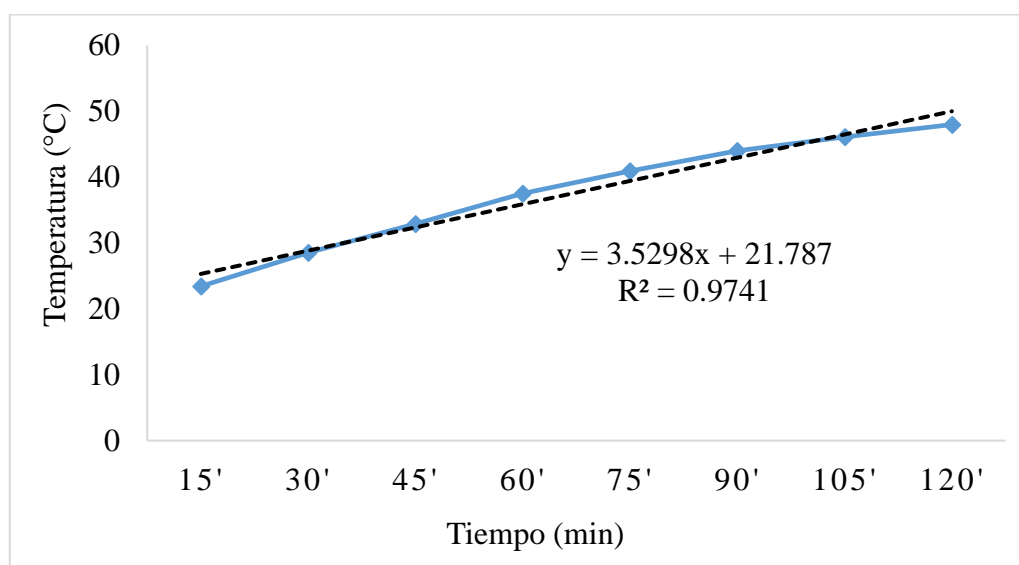


Figura 27. Resultados de la CH para Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 27 se observa la tendencia del efecto de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica respecto a la temperatura y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a elevarse; además hasta el minuto 45', la temperatura se encuentra dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Los resultados de la conductividad eléctrica obtenidos por la aplicación de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica, la cual fue estimada cada 15 minutos y durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Resultados de la CH – CE (uS/cm)

Tiempo	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
15'	5500	5507	5509	5505.33
30'	5520	5522	5522	5521.33
45'	5510	5510	5512	5510.67
60'	5390	5391	5390	5390.33
75'	5300	5305	5303	5302.67
90'	5290	5293	5297	5293.33
105'	5340	5340	5338	5339.33
120'	5300	5306	5309	5305.00

Fuente: Elaboración propia

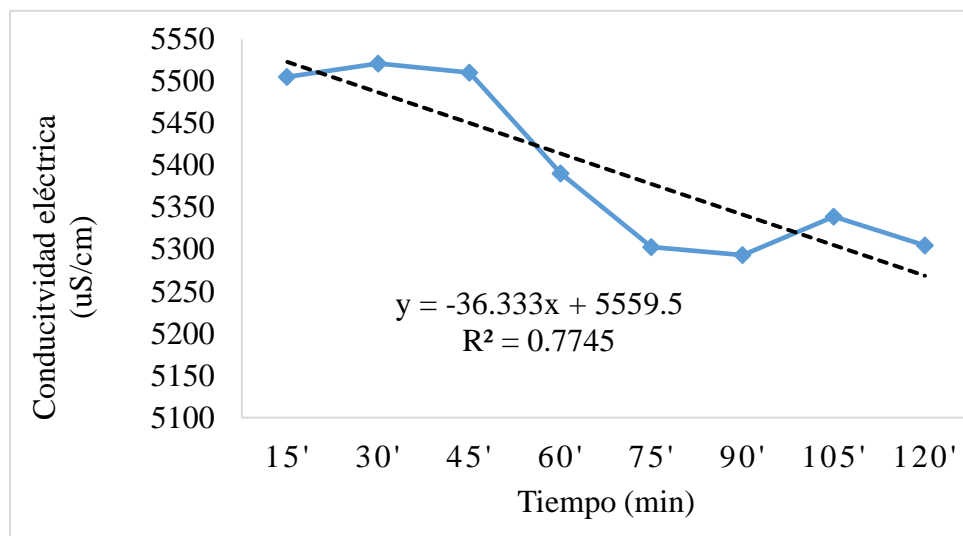


Figura 28. Resultados de la CH para Conductividad Eléctrica (uS/cm)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 28 se observa la tendencia del efecto de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica respecto a la conductividad eléctrica y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología el indicador tiende a disminuir, además a partir del minuto 90' sufre un ligero aumento para luego regular esta tendencia de disminución pasado el minuto 105'.

Los resultados de los sólidos suspendidos totales obtenidos por la aplicación de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica, la cual fue estimada cada 15 minutos y durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados de la CH – SST(mg/L)

Tiempo	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
15'	275	273	275	274.33
30'	275	277	275	275.67
45'	279	279	282	280.00
60'	259	262	262	261.00
75'	242	242	239	241.00
90'	242	243	245	243.33
105'	231	233	229	231.00
120'	216	212	217	215.00

Fuente: Elaboración propia

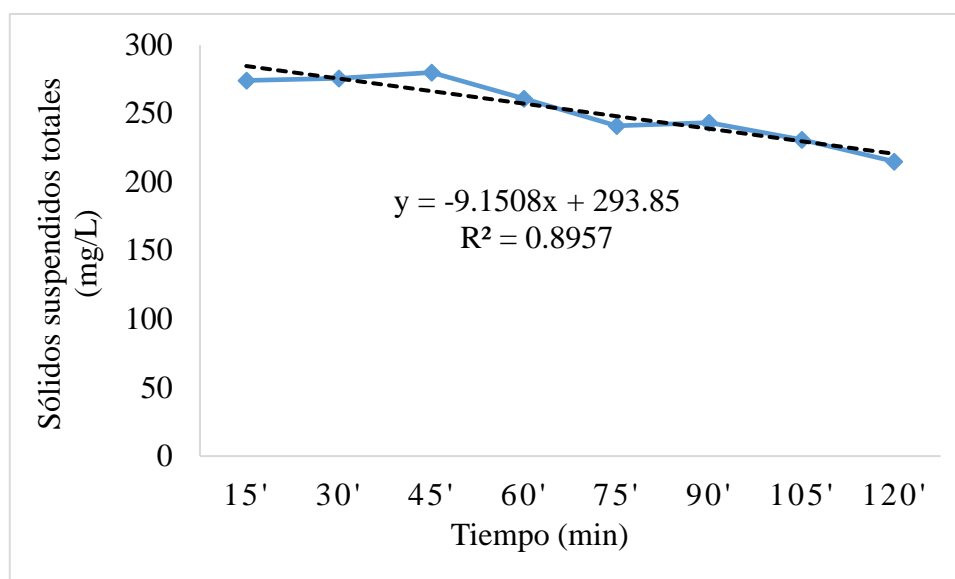


Figura 29. Resultados de la CH para Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 29 se observa la tendencia del efecto de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica respecto a los sólidos suspendidos totales y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a disminuir; además gracias a la CH los resultados obtenidos para los SST, durante el lapso de 120 minutos, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Los resultados del pH obtenidos por la aplicación de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica, la cual fue estimada cada 15 minutos y durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Resultados de la CH – pH

Tiempo	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
15'	12.17	12.15	12.15	12.16
30'	12.08	12.09	12.09	12.09
45'	11.93	11.92	11.92	11.92
60'	11.86	11.86	11.86	11.86
75'	11.76	11.76	11.76	11.76
90'	11.62	11.62	11.62	11.62
105'	11.49	11.49	11.49	11.49
120'	11.46	11.46	11.46	11.46

Fuente: Elaboración propia

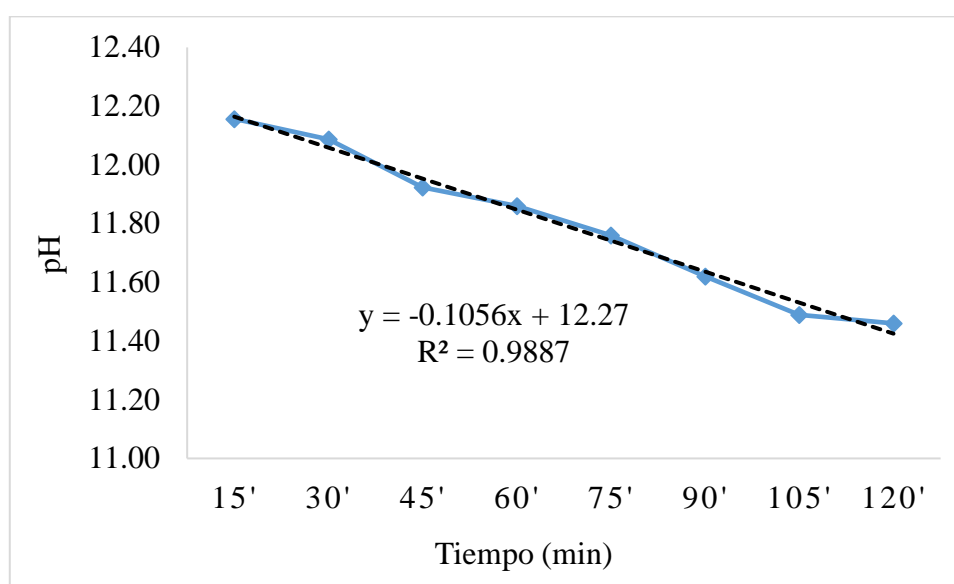


Figura 30. Resultados de la CH para pH

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 30, se observa la tendencia del efecto de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica respecto al pH y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a disminuir; sin embargo, los resultados obtenidos durante el lapso de 120 minutos no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno obtenidos por la aplicación de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica, la cual fue estimada cada 15 minutos y durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Resultados de la CH – DBO (mg/L)

Tiempo	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
15'	346	348	346	346.67
30'	348	348	342	346.00
45'	353	356	351	353.33
60'	341	341	345	342.33
75'	337	339	336	337.33
90'	341	343	341	341.67
105'	354	352	355	353.67
120'	332	334	330	332.00

Fuente: Elaboración propia

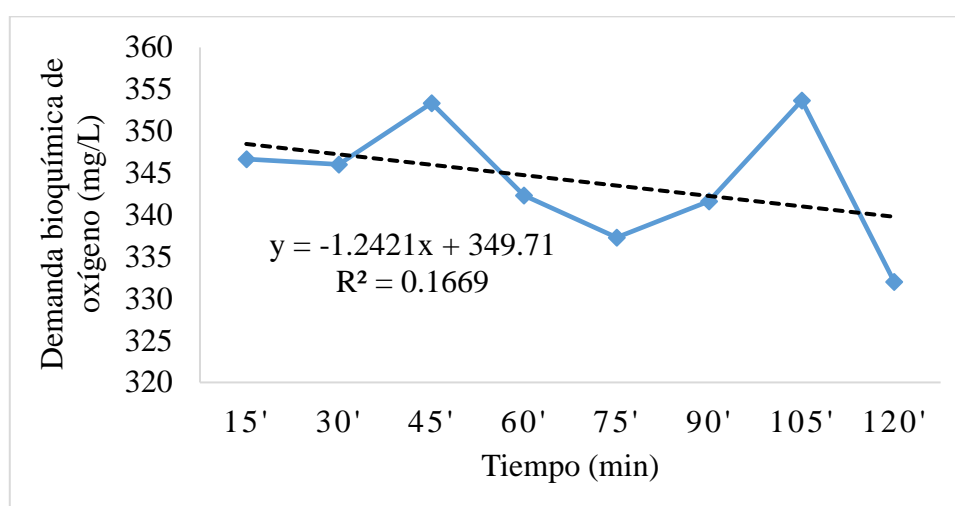


Figura 31. Resultados de la CH para demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 31 se observa la tendencia del efecto de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica respecto a la demanda bioquímica de oxígeno y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a disminuir; sin embargo, para el minuto 45' y 105' presentan ligeros picos de crecimiento que varían entre 10 y 20 mg/L. Cabe resaltar que los resultados obtenidos durante el lapso de 120 minutos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Los resultados de la demanda química de oxígeno obtenidos por la aplicación de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica, la cual fue estimada cada 15 minutos y durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Resultados de la CH – DQO (mg/L)

Tiempo	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
15'	615	611	615	613.67
30'	617	610	617	614.67
45'	639	636	639	638.00
60'	628	626	629	627.67
75'	621	617	622	620.00
90'	626	625	622	624.33
105'	614	612	617	614.33
120'	593	597	593	594.33

Fuente: Elaboración propia

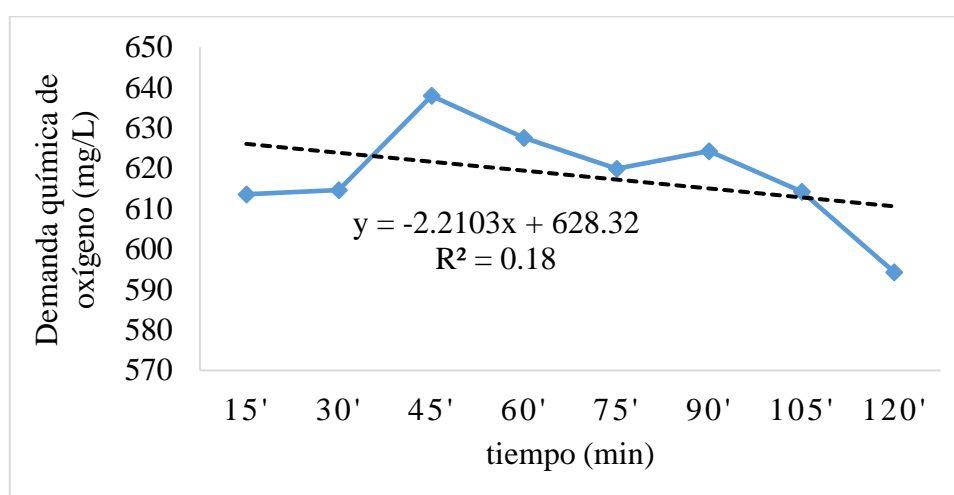


Figura 32. Resultados de la CH para demanda química de oxígeno (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 32 se observa la tendencia del efecto de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica respecto a la demanda química de oxígeno y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a disminuir; sin embargo, hasta el minuto 45' presentó una tendencia de crecimiento para luego decrecer. Cabe resaltar que los resultados obtenidos durante el lapso de 120 minutos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Los resultados de los aceites y grasas obtenidos por la aplicación de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica, la cual fue estimada cada 15 minutos y durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Resultados de la CH – AyG (mg/L)

Tiempo	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
15'	31.1	33.3	36.2	33.53
30'	34.6	33.8	35.5	34.63
45'	36.1	36.8	36.3	36.40
60'	34.8	34.5	36.1	35.13
75'	34.9	34.7	34.7	34.77
90'	27.2	29.6	29.4	28.73
105'	23.1	23.5	23.8	23.47
120'	17.1	17.8	17.1	17.33

Fuente: Elaboración propia

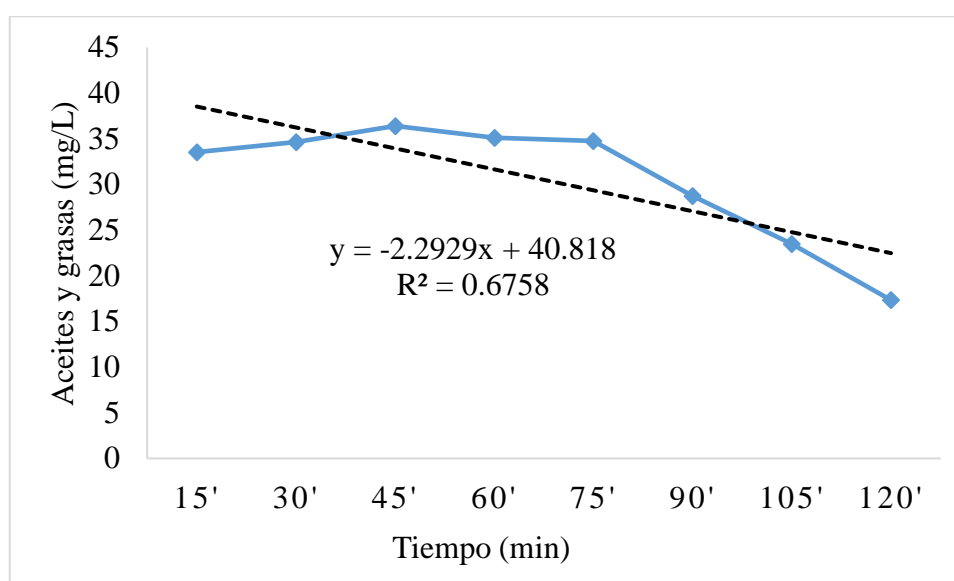


Figura 33. Resultados de la CH para aceites y grasas (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 33 se observa la tendencia del efecto de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica respecto a los aceites y grasas y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a disminuir; además, gracias a la CH los resultados obtenidos para los AyG, durante el lapso de 120 minutos, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Los resultados de la Escherichia coli obtenidos por la aplicación de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica, la cual fue estimada cada 15 minutos y durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. Resultados de la CH – *Escherichia Coli* (NMP/100mL)

Tiempo	Repeticiones			Promedio
	R1	R2	R3	
15'	3.20E+03	3.00E+03	2.90E+03	3033.33
30'	2.60E+03	2.70E+03	2.40E+03	2566.67
45'	1.90E+03	1.70E+03	1.60E+03	1733.33
60'	1.50E+03	1.40E+03	1.20E+03	1366.67
75'	1.00E+03	1.10E+03	1.00E+03	1033.33
90'	9.00E+02	7.00E+02	9.00E+02	833.33
105'	5.00E+02	4.00E+02	4.00E+02	433.33
120'	2.00E+02	2.30E+02	2.10E+02	213.33

Fuente: Elaboración propia

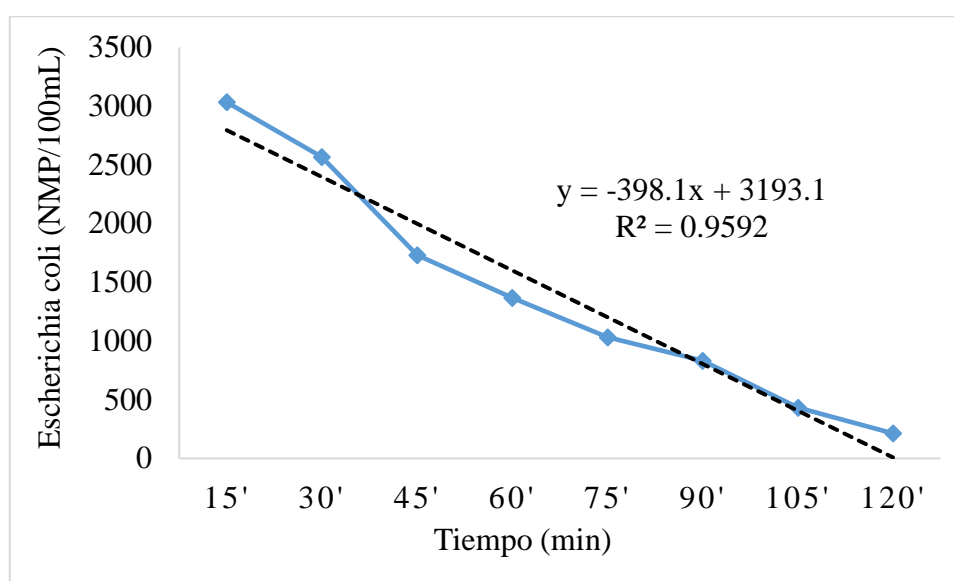


Figura 34. Resultados de la CH para *Escherichia coli* (NMP/100mL)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 34 se observa la tendencia del efecto de la tecnología de Cavitación Hidrodinámica respecto a la *Escherichia coli* y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a disminuir; además, gracias a la CH el resultado obtenido en el minuto 120' es óptimo.

Resultados de la aplicación de la tecnología de Nanopartículas de Plata

Temperatura

Los resultados de la temperatura obtenidos por la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata, la cual fue estimada en 3 dosis de aplicación de 1 mL, 10mL y 20 mL y recolectadas cada 30 minutos durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. Resultados de las AgNP– T (°C)

Tiempo (min)	Repeticiones			Dosis 1 mL	Repeticiones			Dosis 10 mL	Repeticiones			Dosis 20 mL
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
30'	20.4	20.3	20.5	20.40	20.1	19.9	20	20	19.6	19.5	19.4	19.5
60'	21.5	21.7	21.8	21.67	21.9	21.7	21.7	21.77	21.9	22	22.1	22
90'	21.9	22	22.1	22.00	21.6	21.5	21.4	21.5	21.8	21.8	21.4	21.67
120'	21.7	21.3	21.9	21.63	21.7	21.7	21.8	21.73	21.7	21.7	21.8	21.73

Fuente: Elaboración propia

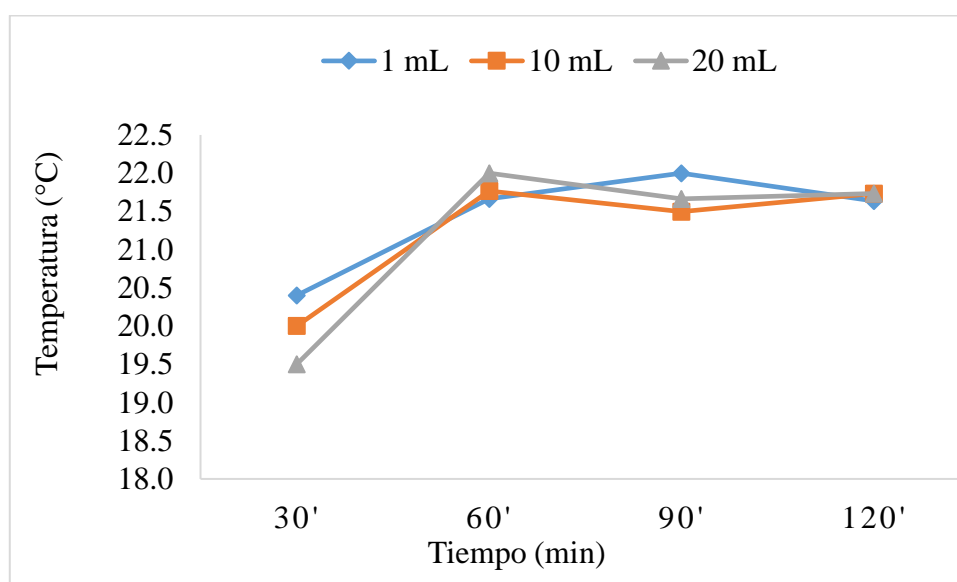


Figura 35. Resultados de las AgNP para temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 35 se observa la tendencia del efecto de la tecnología de nanopartículas de plata respecto a la temperatura y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a elevarse. Se obtuvo que tanto para las dosis de 1 mL, 10 mL y 20 mL, la temperatura varió de 1 a 3 grados en el rango de 19-22

°C evidenciándose esta variación entre los minutos 30' y 60', para luego continuar ligeramente a manera constante. Además, los resultados obtenidos durante el lapso de 120 minutos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Estadística Inferencial para temperatura de la aplicación de Nanopartículas de Plata

Criterio utilizado para determinar la normalidad

Ho = Los datos de temperatura siguen una distribución normal.

Ha = Los datos de temperatura no siguen una distribución normal.

P-valor $\Rightarrow \alpha$, entonces se acepta Ho

P-valor $< \alpha$, entonces no se acepta Ho

$\alpha = 0.05$

Tabla 21. Prueba de normalidad para temperatura con AgNP

Pruebas de normalidad							
	TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TEMPERATURA	T1	,154	9	,200*	,940	9	,586
	T2	,172	9	,200*	,964	9	,840
	T3	,174	9	,200*	,928	9	,461
	T4	,389	9	,000	,747	9	,005

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 21 los resultados de p-valor para los tiempos T1 (30 minutos), T2 (60 minutos) y T3 (90 minutos) son mayores que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$) por lo que se acepta Ho, es decir, los datos se ajustan a una distribución normal; y para T4 (120 minutos) el resultado de p-valor es menor que el nivel de significancia por lo que los datos para este tiempo no se ajustan a una distribución normal, teniendo en consideración que los valores a comparar son los de Shapiro-Wilk encontrándose en un nivel de confiabilidad del 95%.

La prueba estadística utilizada fue la de análisis de varianza (ANOVA), debido a que se puede comparar diferentes grupos de manera cuantitativa.

Tabla 22. Análisis de varianza para la temperatura

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Tratamientos	11	23.2	2.10909091	101.24	<.0001
Dosis	2	0.285	0.1425	6.84	0.0045
Tiempo	3	21.3955556	7.13185185	342.33	<.0001
Dosis*Tiempo	6	1.51944444	0.25324074	12.16	<.0001
Error	24	0.5	0.02083333		
Total	35	23.7			
C.V = 0.677641%					

Fuente: Elaboración propia

Prueba de hipótesis

H_0 : No existe diferencia significativa en la temperatura de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

H_1 : Existe diferencia significativa en la temperatura de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

Regla de decisión

Si $Pr. > 0.05$, aceptamos la H_0

Si $Pr. < 0.05$, rechazamos la H_0

Resultado/discusión

Pr presenta valores menores a 0.05, entonces rechazamos H_0 y aceptamos H_1 : Existe diferencia significativa en la temperatura de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata. Al análisis de varianza de la tabla 22 se observa que, tanto en las dosis, tiempo y dosis por tiempo existe diferencia estadística, lo que significa que las respuestas para este indicador son diferentes o poseen respuestas diferentes; y, para determinar cuál de los tratamientos anteriores mencionados es mejor se realiza la prueba de Tukey.

Tabla 23. Prueba de contraste de Tukey para la temperatura

Significancia	Promedio	Dosis
A	21.425	D1
B	21.250	D2
B	21.225	D3
Significancia	Promedio	Tiempo
A	21.811110	T2
A	21.722220	T3
A	21.700000	T4
B	19.966670	T1

Fuente: Elaboración propia

Al someter los promedios a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 23) se corrobora que existe diferencia estadística tanto para la dosis y tiempo (La significancia presenta letras desiguales), siendo la mejor respuesta para dosis la D3 (Dosis de 20 mL) y para el tiempo el T1 (30 min), debido a que son los que poseen menores temperaturas.

Conductividad eléctrica

Los resultados de la conductividad eléctrica obtenidos por la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata, la cual fue estimada en 3 dosis de aplicación de 1 mL, 10mL y 20 mL y recolectadas cada 30 minutos durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 24.

Tabla 24. Resultados de las AgNP– CE (uS/cm)

Tiempo (min)	Repeticiones			Dosis 1 mL	Repeticiones			Dosis 10 mL	Repeticiones			Dosis 20 mL
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
30'	1028	1022	1022	1024.00	1112	1120	1014	1082	1075	1078	1058	1070.33
60'	1034	1039	1061	1044.67	1184	1197	1182	1187.67	1157	1162	1165	1161.33
90'	1011	1017	1021	1016.33	1013	1016	1015	1014.67	1076	1084	1081	1080.33
120'	1274	1272	1283	1276.33	1234	1236	1241	1237.00	1266	1257	1264	1262.33

Fuente: Elaboración propia

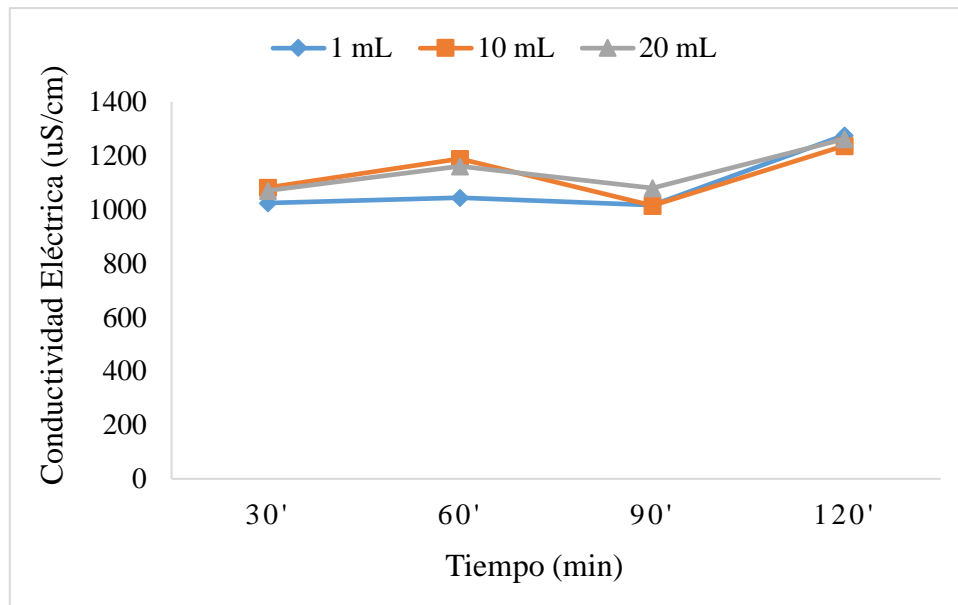


Figura 36. Resultados de las AgNP para conductividad eléctrica (uS/cm)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 36, se observa la tendencia del efecto de la tecnología de nanopartículas de plata respecto a la conductividad eléctrica y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a elevarse. Se obtuvo que tanto para las dosis de 1 mL, 10 mL y 20 mL, la conductividad eléctrica se mantuvo ligeramente constante para los primeros 90 minutos y que pasado ese tiempo empezó a aumentar.

Estadística Inferencial para conductividad eléctrica de la aplicación de Nanopartículas de Plata

Criterio utilizado para determinar la normalidad

H_0 = Los datos de conductividad eléctrica siguen una distribución normal.

H_a = Los datos de conductividad eléctrica no siguen una distribución normal.

P-valor $\Rightarrow \alpha$, entonces se acepta H_0

P-valor $< \alpha$, entonces no se acepta H_0

$\alpha = 0.05$

Tabla 25. Prueba de normalidad para conductividad eléctrica con AgNP

Pruebas de normalidad							
	TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CE	T1	,223	9	,200*	,892	9	,209
	T2	,318	9	,009	,796	9	,018
	T3	,356	9	,002	,708	9	,002
	T4	,176	9	,200*	,919	9	,385

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 25, los resultados de p-valor para los tiempos T1 (30 minutos) y T4 (120 minutos) son mayores que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$) por lo que se acepta H_0 , es decir, los datos se ajustan a una distribución normal; para T2 (60 minutos) y T3 (90 minutos) el resultado de p-valor es menor que el nivel de significancia por lo que los datos para este tiempo no se ajustan a una distribución normal; teniendo en consideración que los valores a comparar son los de Shapiro-Wilk encontrándose en un nivel de confiabilidad del 95%.

La prueba estadística utilizada fue la de análisis de varianza (ANOVA), debido a que se puede comparar diferentes grupos de manera cuantitativa.

Tabla 26. Análisis de varianza para conductividad eléctrica

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Tratamientos	11	320604.75	29145.8864	87.11	<.0001
Dosis	2	18444.5	9222.25	27.56	<.0001
tiempo	3	269408.528	89802.8426	268.4	<.0001
Dosis*Tiempo	6	32751.7222	5458.6204	16.31	<.0001
Error	24	8030	334.5833		
Total	35	328634.75			
C.V = 1.631117%					

Fuente: Elaboración propia

Prueba de hipótesis

H_0 : No existe diferencia significativa en la conductividad eléctrica de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

H_1 : Existe diferencia significativa en la conductividad eléctrica de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

Regla de decisión

Si $Pr. > 0.05$, aceptamos la H_0

Si $Pr. < 0.05$, rechazamos la H_0

Resultado/discusión

Pr presenta valores menores a 0.05, entonces rechazamos H_0 y aceptamos H_1 : Existe diferencia significativa en la conductividad eléctrica de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata. Al análisis de varianza de la tabla 26 se observa que, tanto en las dosis, tiempo y dosis por tiempo existe diferencia estadística, lo que significa que las respuestas para este indicador son diferentes o poseen respuestas diferentes; y, para determinar cuál de los tratamientos anteriores mencionados es mejor se realiza la prueba de Tukey.

Tabla 27. Prueba de contraste de Tukey para conductividad eléctrica

Significancia	Promedio	Dosis
A	1143.583	D3
A	1130.333	D2
B	1090.333	D1
Significancia	Promedio	Tiempo
A	1258.556	T4
B	1131.222	T2
C	1058.778	T1
C	1037.111	T3

Fuente: Elaboración propia

Al someter los promedios a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 27) se corrobora que existe diferencia estadística tanto para la dosis y tiempo (La significancia presenta letras desiguales) y que la mejor respuesta para la dosis es la D1 (1 mL) y para el tiempo es T3 (90'), debido a que son los promedios que poseen el menor valor aduciendo que este indicador es una medida de la cantidad de sales que se encuentra en el agua.

Sólidos suspendidos totales

Los resultados de los sólidos suspendidos totales obtenidos por la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata, la cual fue estimada en 3 dosis de aplicación de 1 mL, 10 mL y 20 mL y recolectadas cada 30 minutos durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 28.

Tabla 28. Resultados de las AgNP– SST (mg/L)

Tiempo (min)	Repeticiones			Dosis 1 mL	Repeticiones			Dosis 10 mL	Repeticiones			Dosis 20 mL
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
30'	74.5	74.5	74.6	74.51	68.5	68.6	68.6	68.5667	68.4	68.4	68.4	68.3933
60'	61.7	63.6	60	61.77	60.2	60.2	61.1	60.49	58.4	58.3	59.1	58.62
90'	67	67.2	67	67.07	67.9	67.7	67.4	67.66	66.1	66.1	66.1	66.07
120'	68.6	68.7	68.8	68.70	68	68.1	68.1	68.07	67.2	67.2	67.3	67.22

Fuente: Elaboración propia

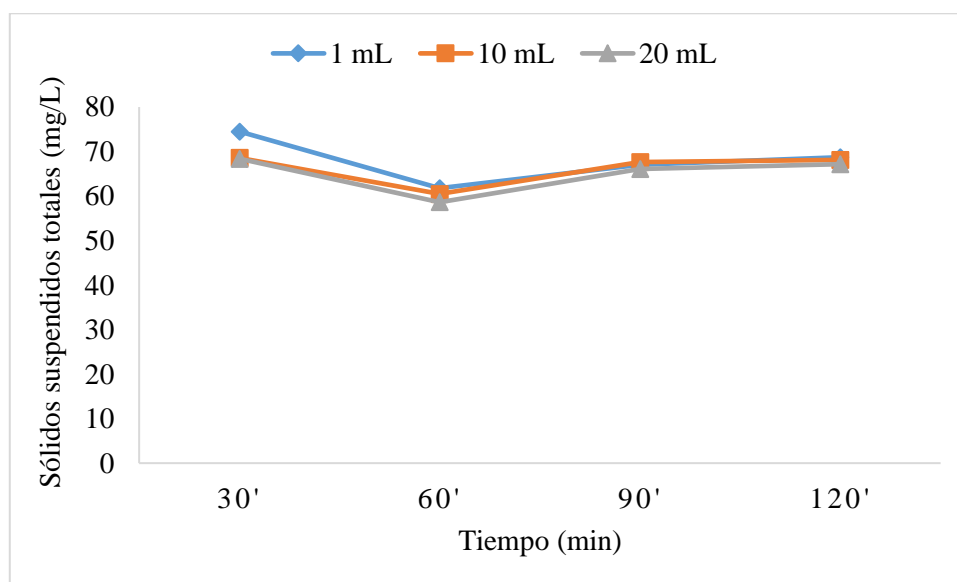


Figura 37. Resultados de las AgNP para sólidos suspendidos totales (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 37, se observa la tendencia del efecto de la tecnología de nanopartículas de plata respecto a los sólidos suspendidos totales y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a disminuir. Se obtuvo que tanto para las dosis de 1 mL, 10 mL y 20 mL, los SST disminuyen ligeramente entre

el rango de tiempo de 30 a 120 minutos. Además, los resultados obtenidos durante el lapso de 120 minutos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Estadística Inferencial para sólidos suspendidos totales de la aplicación de Nanopartículas de Plata

Criterio utilizado para determinar la normalidad

H_0 = Los datos de sólidos suspendidos totales siguen una distribución normal.

H_a = Los datos de sólidos suspendidos totales no siguen una distribución normal.

P-valor $\Rightarrow \alpha$, entonces se acepta H_0

P-valor $< \alpha$, entonces no se acepta H_0

$\alpha = 0.05$

Tabla 29. Prueba de normalidad para sólidos suspendidos totales con AgNP

Pruebas de normalidad							
	TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SST	T1	,400	9	,000	,643	9	,000
	T2	,185	9	,200*	,935	9	,526
	T3	,217	9	,200*	,878	9	,150
	T4	,210	9	,200*	,857	9	,089

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 29, los resultados de p-valor para los tiempos T2 (60 minutos), T3 (90 minutos) y T4 (120 minutos) son mayores que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$) por lo que se acepta H_0 , es decir, los datos se ajustan a una distribución normal; para el T1 (30 minutos) el resultado de p-valor es menor que el nivel de significancia por lo que, los datos para este tiempo no se ajustan a una distribución normal, teniendo en consideración que los valores a comparar son los de Shapiro-Wilk encontrándose en un nivel de confiabilidad del 95%.

La prueba estadística utilizada fue la de análisis de varianza (ANOVA), debido a que se puede comparar diferentes grupos de manera cuantitativa.

Tabla 30. Análisis de varianza para sólidos suspendidos totales

Fuente de variación	grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Tratamientos	11	606.272231	55.1156573	178.16	<.0001
Dosis	2	52.7279389	26.3639694	85.22	<.0001
tiempo	3	511.302675	170.434225	550.93	<.0001
Dosis*Tiempo	6	42.2416167	7.0402694	22.76	<.0001
Error	24	7.4246	0.3093583		
Total	35	613.696831			
C.V = 0.837290%					

Fuente: Elaboración propia

Prueba de hipótesis

H_0 : No existe diferencia significativa en los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

H_1 : Existe diferencia significativa en los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

Regla de decisión

Si $Pr. > 0.05$, aceptamos la H_0

Si $Pr. < 0.05$, rechazamos la H_0

Resultado/discusión

Pr presenta valores menores a 0.05, entonces rechazamos H_0 y aceptamos H_1 : Existe diferencia significativa en los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata. Al análisis de varianza de la tabla 30 se observa que, tanto en las dosis, tiempo y dosis por tiempo existe diferencia estadística, lo que significa que las respuestas para este indicador son diferentes o poseen respuestas diferentes; y, para determinar cuál de los tratamientos anteriores mencionados es mejor se realiza la prueba de Tukey.

Tabla 31. Prueba de contraste de Tukey para solidos suspendidos totales

Significancia	Promedio	Dosis
A	68.0125	D1
B	66.1983	D2
C	65.075	D3
Significancia	Promedio	Tiempo
A	70.4889	T1
B	67.9956	T4
C	66.9344	T3
D	60.2956	T2

Fuente: Elaboración propia

Al someter los promedios a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 31) se corrobora que existe diferencia estadística tanto para la dosis y tiempo (La significancia presenta letras desiguales) y que la mejor respuesta para la dosis es la D3 (20 mL) y para el tiempo es T2 (60'), debido a que poseen los menores promedios para los SST aduciendo que es una medida de la cantidad de materia suspendida que se encuentra en el agua.

pH

Los resultados del pH obtenidos por la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata, la cual fue estimada en 3 dosis de aplicación de 1 mL, 10mL y 20 mL y recolectadas cada 30 minutos durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 32.

Tabla 32. Resultados de las AgNP– pH

Tiempo (min)	Repeticiones			Dosis 1 mL	Repeticiones			Dosis 10 mL	Repeticiones			Dosis 20 mL
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
30'	8.2	8.1	8.2	8.17	7.9	8	8	7.97	8	8	7.9	7.97
60'	8.2	8.1	8.3	8.20	7.9	8	8	7.97	8	8.1	8.1	8.07
90'	8.3	8.2	8.2	8.23	7.9	7.9	7.9	7.9	8	8.1	8.1	8.07
120'	8.3	8.2	8.2	8.23	7.9	8	8	7.97	8.1	8.1	8.1	8.10

Fuente: Elaboración propia

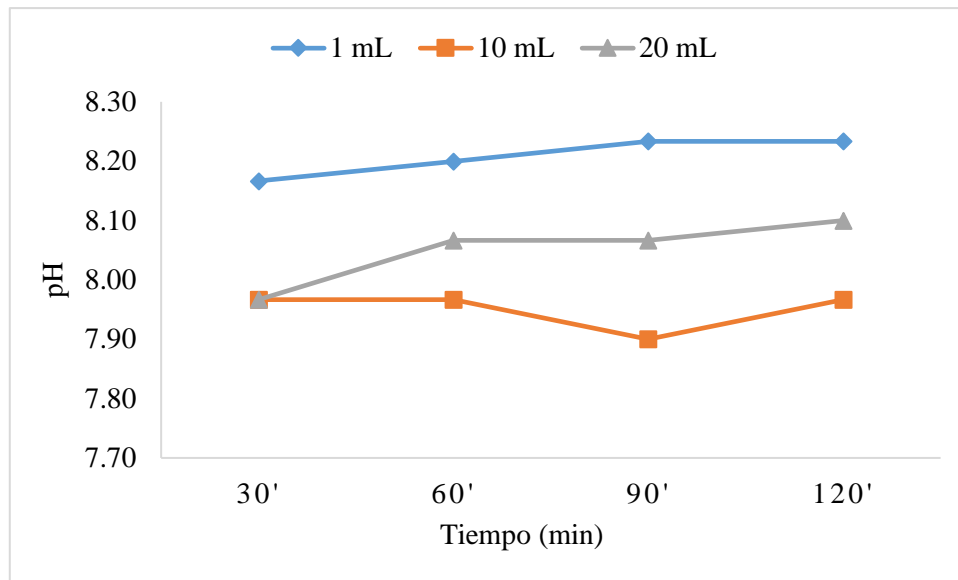


Figura 38. Resultados de las AgNP para pH

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 38, se observa la tendencia del efecto de la tecnología de nanopartículas de plata respecto al pH y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a elevarse. Se obtuvo que tanto para las dosis de 1 mL y 20 mL el valor de pH crece ligeramente; y para la dosis de 10 mL sufre variación de ligera disminución para los 90 minutos. Además, los resultados obtenidos durante el lapso de 120 minutos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Estadística Inferencial para pH de la aplicación de Nanopartículas de Plata

Criterio utilizado para determinar la normalidad

H_0 = Los datos de pH siguen una distribución normal.

H_a = Los datos de pH no siguen una distribución normal.

P-valor $\Rightarrow \alpha$, entonces se acepta H_0

P-valor $< \alpha$, entonces no se acepta H_0

$\alpha = 0.05$

Tabla 33. Prueba de normalidad para pH con AgNP

Pruebas de normalidad							
	TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	T1	,284	9	,035	,863	9	,102
	T2	,204	9	,200*	,940	9	,586
	T3	,200	9	,200*	,897	9	,232
	T4	,167	9	,200*	,963	9	,830

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 33, los resultados de p-valor para los tiempos T1 (30 minutos), T2 (60 minutos), T3 (90 minutos) y T4 (120 minutos) son mayores que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$) teniendo en consideración que los valores a comparar son los de Shapiro-Wilk; entonces se acepta H_0 , es decir, los datos se ajustan a una distribución normal, encontrándose en un nivel de confiabilidad del 95%.

La prueba estadística utilizada fue la de análisis de varianza (ANOVA), debido a que se puede comparar diferentes grupos de manera cuantitativa.

Tabla 34. Análisis de varianza para el pH

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Tratamientos	11	0.45638889	0.0414899	12.45	<.0001
Dosis	2	0.40722222	0.20361111	61.08	<.0001
Tiempo	3	0.02083333	0.00694444	2.08	0.129
Dosis*Tiempo	6	0.02833333	0.00472222	1.42	0.2492
Error	24	0.08	0.00333333		
Total	35	0.53638889			
C.V = 0.715477%					

Fuente: Elaboración propia

Prueba de hipótesis

H_0 : No existe diferencia significativa en el pH de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

H_1 : Existe diferencia significativa en el pH de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

Regla de decisión

Si $Pr. > 0.05$, aceptamos la H_0

Si $Pr. < 0.05$, rechazamos la H_0

Resultado/discusión

Al análisis de varianza de la tabla 34 se observa que, en las tres dosis suministradas existe diferencia estadística ($Pr. < 0.05$), lo que significa que las dosis en respuesta del pH son diferentes o poseen respuestas diferentes; en cambio, en el tiempo y en dosis por tiempo no existe diferencia significativa ($Pr. > 0.05$), es decir que el pH no se modifica o es igual. Para determinar cuál de los tratamientos anteriores mencionados es mejor se realiza la prueba de Tukey.

Tabla 35. Prueba de contraste de Tukey para el pH

Significancia	Promedio	Dosis
A	8.21	D1
B	8.05	D3
C	7.95	D2
Significancia	Promedio	Tiempo
A	8.10	T4
A	8.08	T2
A	8.07	T3
A	8.03	T1

Fuente: Elaboración propia

Al someter los promedios a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 35) se corrobora que existe diferencia estadística para la dosis (La significancia presenta letras desiguales) y que la mejor respuesta es la D2 (Dosis de 10 mL) debido a que, es la que posee menor pH o se encuentra cercano al neutro; en cambio, con el tiempo no hay diferencia (La significancia presenta letras iguales) y que en cualquier tiempo no se modifica el valor de pH.

Demanda bioquímica de oxígeno

Los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno obtenidos por la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata, la cual fue estimada en 3 dosis de aplicación de 1 mL, 10 mL y 20 mL y recolectadas cada 30 minutos durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 36.

Tabla 36. Resultados de las AgNP– DBO (mg/L)

Tiempo (min)	Repeticiones			Dosis 1 mL	Repeticiones			Dosis 10 mL	Repeticiones			Dosis 20 mL
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
30'	81.1	81.2	81.1	81.13	76.2	76.3	76.2	76.22	75.2	75.3	75.4	75.2867
60'	70.7	71	71.2	70.94	70.5	70.1	68.1	69.58	72.3	72.3	70.1	71.56
90'	65.7	63.9	63.5	64.36	65.2	65.2	65.2	65.1733	65.9	66	65.9	65.93
120'	58.3	58.1	57.1	57.83	58.5	58.6	58.7	58.60	59.7	59.7	59.6	59.68

Fuente: Elaboración propia

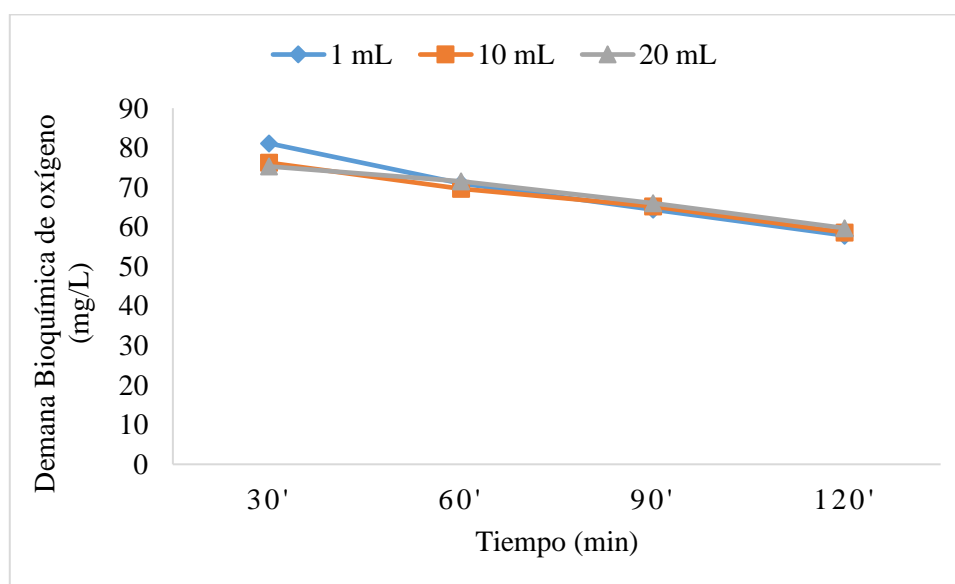


Figura 39. Resultados de las AgNP para demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 39, se observa la tendencia del efecto de la tecnología de nanopartículas de plata respecto a la demanda bioquímica de oxígeno y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a disminuir. Se obtuvo que tanto para las dosis de 1 mL, 10 mL y 20 mL el valor de DBO disminuyó de 10 a 20

mg/L en un rango de tiempo entre 30 y 120 minutos. Además, los resultados obtenidos durante ese lapso se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Estadística Inferencial para demanda bioquímica de oxígeno de la aplicación de Nanopartículas de Plata

Criterio utilizado para determinar la normalidad

H_0 = Los datos de demanda bioquímica de oxígeno siguen una distribución normal.

H_a = Los datos de demanda bioquímica de oxígeno no siguen una distribución normal.

P-valor $\Rightarrow \alpha$, entonces se acepta H_0

P-valor $< \alpha$, entonces no se acepta H_0

$\alpha = 0.05$

Tabla 37. Prueba de normalidad para demanda bioquímica de oxígeno con AgNP

Pruebas de normalidad							
	TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO	T1	,350	9	,002	,725	9	,003
	T2	,204	9	,200*	,920	9	,396
	T3	,276	9	,047	,821	9	,035
	T4	,191	9	,200*	,903	9	,267

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 37, los resultados de p-valor para los tiempos T2 (60 minutos) y T4 (120 minutos) son mayores que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$) por lo que se acepta H_0 , es decir, los datos se ajustan a una distribución normal; para el T1 (30 minutos) y T3 (90 minutos) el resultado de p-valor es menor que el nivel de significancia por lo que, los datos para estos tiempos no se ajustan a una distribución normal, teniendo en consideración que los valores a comparar son los de Shapiro-Wilk encontrándose en un nivel de confiabilidad del 95%.

La prueba estadística utilizada fue la de análisis de varianza (ANOVA), debido a que se puede comparar diferentes grupos de manera cuantitativa.

Tabla 38. Análisis de varianza para la demanda bioquímica de oxígeno

Fuente de variación	grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Tratamientos	11	1809.46599	164.496908	378.96	<.0001
Dosis	2	8.371806	4.185903	9.64	0.0008
Tiempo	3	1735.3809	578.4603	1332.64	<.0001
Dosis*Tiempo	6	65.713283	10.952214	25.23	<.0001
Error	24	10.417667	0.434069		
Total	35	1819.88366			
C.V = 0.968541%					

Fuente: Elaboración propia

Prueba de hipótesis

H_0 : No existe diferencia significativa en la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

H_1 : Existe diferencia significativa la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

Regla de decisión

Si $Pr. > 0.05$, aceptamos la H_0

Si $Pr. < 0.05$, rechazamos la H_0

Resultado/discusión

Pr presenta valores menores a 0.05, entonces rechazamos H_0 y aceptamos H_1 : Existe diferencia significativa la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata. Al análisis de varianza de la tabla 38 se observa que, en las tres dosis suministradas existe diferencia estadística, tanto en las dosis, tiempo y dosis por tiempo, lo que significa que las respuestas para este indicador son diferentes o poseen respuestas diferentes; y, para

determinar cuál de los tratamientos anteriores mencionados es mejor se realiza la prueba de Tukey.

Tabla 39. Prueba de contraste de Tukey para DBO

Significancia	Promedio	Dosis
A	68.5642	D1
A	68.1142	D3
B	67.3933	D2
Significancia	Promedio	Tiempo
A	77.5444	T1
B	70.6911	T2
C	65.1544	T3
D	58.7056	T4

Fuente: Elaboración propia

Al someter los promedios a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 39) se corrobora que existe diferencia estadística tanto para la dosis y tiempo (La significancia presenta letras desiguales) y que la mejor respuesta para dosis es la D2 (10 mL) y para el tiempo la T4 (120'), porque es el que posee la menor DBO aduciendo que es una medida de la cantidad de materia orgánica fermentable por los microorganismos que se encuentra en el agua.

Demanda química de oxígeno

Los resultados de la demanda química de oxígeno obtenidos por la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata, la cual fue estimada en 3 dosis de aplicación de 1 mL, 10mL y 20 mL y recolectadas cada 30 minutos durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 40.

Tabla 40. Resultados de las AgNP– DQO (mg/L)

Tiempo (min)	Repeticiones			Dosis 1 mL	Repeticiones			Dosis 10 mL	Repeticiones			Dosis 20 mL
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
30'	157	153	157	155.67	142	146	140	142.667	138	134	137	136.333
60'	128	129	134	130.33	128	128	129	128.38	131	135	131	132.333
90'	143	146	143	144.00	147	147	145	146.3	145	145	145	145.06
120'	126	127	126	126.33	127	127	124	126.00	124	124	126	124.67

Fuente: Elaboración propia

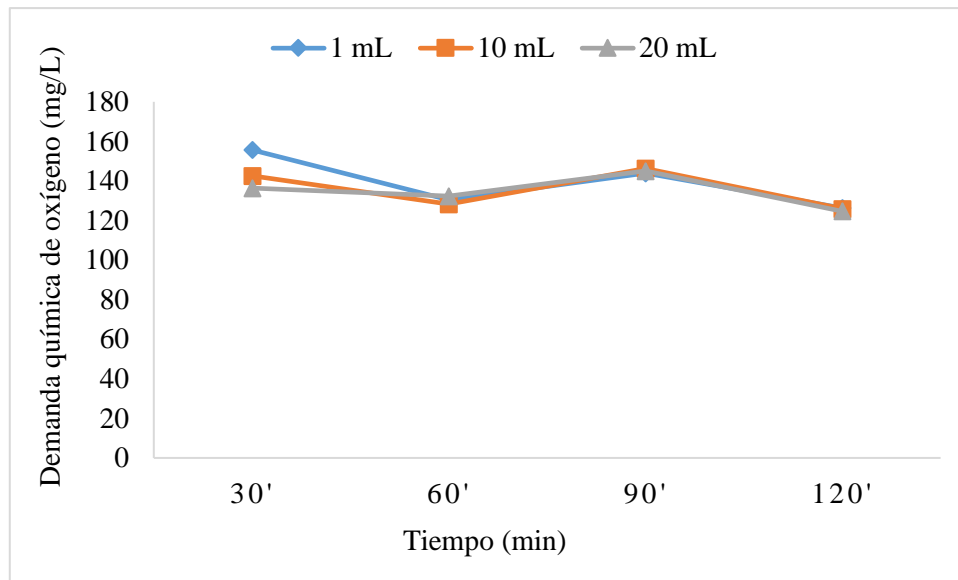


Figura 40. Resultados de las AgNP para demanda química de oxígeno (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 40 se observa la tendencia del efecto de la tecnología de nanopartículas de plata respecto a la demanda química de oxígeno y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a disminuir. Se obtuvo que tanto para las dosis de 1 mL, 10 mL y 20 mL el valor de DBO disminuyó de 10 a 20 mg/L en un rango tiempo entre 30 y 120 minutos. Además, los resultados obtenidos durante ese lapso de tiempo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Estadística Inferencial para demanda química de oxígeno de la aplicación de Nanopartículas de Plata

Criterio utilizado para determinar la normalidad

H_0 = Los datos de demanda química de oxígeno siguen una distribución normal.

H_a = Los datos de demanda química de oxígeno no siguen una distribución normal.

P-valor $\Rightarrow \alpha$, entonces se acepta H_0

P-valor $< \alpha$, entonces no se acepta H_0

$\alpha = 0.05$

Tabla 41. Prueba de normalidad para demanda química de oxígeno por AgNP

Pruebas de normalidad							
	TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO	T1	,184	9	,200*	,895	9	,222
	T2	,246	9	,123	,841	9	,060
	T3	,249	9	,112	,883	9	,168
	T4	,266	9	,066	,794	9	,017

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 41, los resultados de p-valor para los tiempos T1 (30 minutos), T2 (60 minutos) y T3 (90 minutos) son mayores que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$) por lo que se acepta H_0 , es decir, los datos se ajustan a una distribución normal; para el T4 (120 minutos) el resultado de p-valor es menor que el nivel de significancia por lo que, los datos para este tiempo no se ajustan a una distribución normal, teniendo en consideración que los valores a comparar son los de Shapiro-Wilk encontrándose en un nivel de confiabilidad del 95%.

La prueba estadística utilizada fue la de análisis de varianza (ANOVA), debido a que se puede comparar diferentes grupos de manera cuantitativa.

Tabla 42. Análisis de varianza para la demanda química de oxígeno

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Tratamientos	11	3317.8346	301.621327	82.68	<.0001
Dosis	2	128.706617	64.353308	17.64	<.0001
Tiempo	3	2698.92402	899.641341	246.59	<.0001
Dosis*Tiempo	6	490.203961	81.70066	22.39	<.0001
Error	24	87.5586	3.648275		
Total	35	3405.3932			
C.V = 1.399233%					

Fuente: Elaboración propia

Prueba de hipótesis

H_0 : No existe diferencia significativa en la demanda química de oxígeno de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

H_1 : Existe diferencia significativa la demanda química de oxígeno de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

Regla de decisión

Si $Pr. > 0.05$, aceptamos la H_0

Si $Pr. < 0.05$, rechazamos la H_0

Resultado/discusión

Pr presenta valores menores a 0.05, entonces rechazamos H_0 y aceptamos H_1 : Existe diferencia significativa la demanda química de oxígeno de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata. Al análisis de varianza de la tabla 42 se observa que, en las tres dosis suministradas existe diferencia estadística, tanto en las dosis, tiempo y dosis por tiempo, lo que significa que las respuestas para este indicador son diferentes o poseen respuestas diferentes; y, para determinar cuál de los tratamientos anteriores mencionados es mejor se realiza la prueba de Tukey.

Tabla 43. Prueba de contraste de Tukey para DQO

Significancia	Promedio	Dosis
A	139.0833	D1
B	135.8375	D2
B	134.5992	D3
Significancia	Promedio	Tiempo
A	145.1211	T1
A	144.8889	T2
B	130.35	T3
C	125.6667	T4

Fuente: Elaboración propia

Al someter los promedios a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 43) se corrobora que existe diferencia estadística tanto para la dosis y tiempo (La significancia presenta letras

desiguales) y que la mejor respuesta para dosis es la D3 (20 mL) y para el tiempo es T4 (120') debido a que poseen la menor DQO, siendo esta una medida de la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica que se encuentra en el agua.

Aceites y Grasas

Los resultados de los aceites y grasas obtenidos por la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata, la cual fue estimada en 3 dosis de aplicación de 1 mL, 10mL y 20 mL y recolectadas cada 30 minutos durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 44.

Tabla 44. Resultados de las AgNP– AyG (mg/L)

Tiempo (min)	Repeticiones			Dosis 1 mL	Repeticiones			Dosis 10 mL	Repeticiones			Dosis 20 mL
	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio	R1	R2	R3	Promedio
30'	39.8	43.2	43.3	42.09	37.1	37.1	37.2	37.1167	37	37.1	37.1	37.07
60'	35.1	35.1	35.5	35.20	33.6	33.5	34.1	33.74	33.2	33.3	33.2	33.21
90'	30.1	30.2	30.1	30.10	30.7	30.7	30.5	30.6467	30.5	30.6	29.1	30.06
120'	28.1	28.1	28.1	28.08	28.2	28.4	28.4	28.30	29	28.9	28.6	28.84

Fuente: Elaboración propia

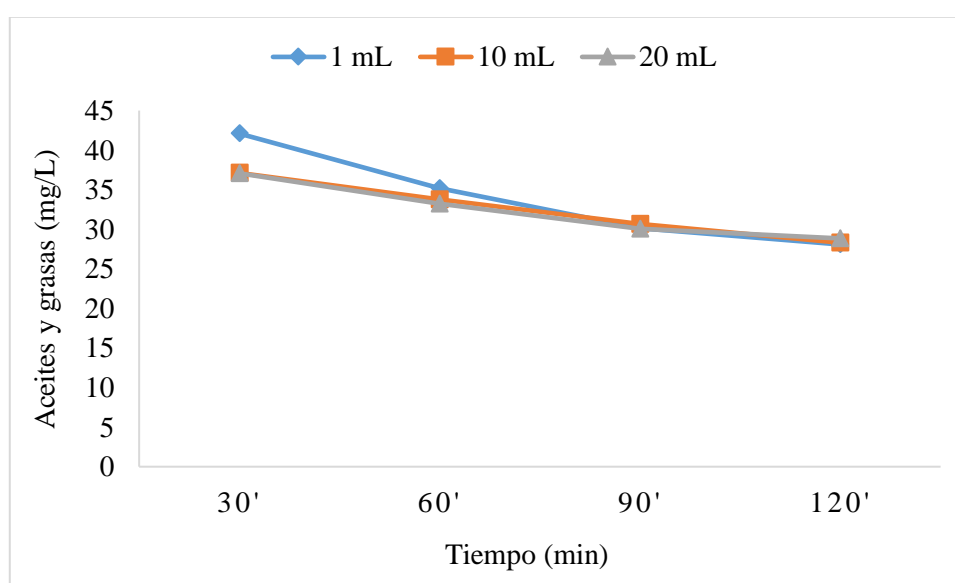


Figura 41. Resultados de las AgNP para aceites y grasas (mg/L)

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 41, se observa la tendencia del efecto de la tecnología de nanopartículas de plata respecto a los aceites y grasas y se determina que, a mayor tiempo de aplicación de la tecnología, el indicador tiende a disminuir. Se obtuvo que tanto para las dosis de 1 mL, 10 mL y 20 mL el valor de AyG disminuyó de 5 a 10 mg/L en un rango tiempo entre 30 y 120 minutos. Además, los resultados obtenidos durante ese lapso de tiempo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según ley.

Estadística Inferencial para aceites y grasas de la aplicación de Nanopartículas de Plata

Criterio utilizado para determinar la normalidad

H_0 = Los datos de aceites y grasas siguen una distribución normal.

H_a = Los datos de aceites y grasas no siguen una distribución normal.

P-valor $\Rightarrow \alpha$, entonces se acepta H_0

P-valor $< \alpha$, entonces no se acepta H_0

$\alpha = 0.05$

Tabla 45. Prueba de normalidad para aceites y grasas con AgNP

Pruebas de normalidad							
	TIEMPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
AyG	T1	,388	9	,000	,669	9	,001
	T2	,236	9	,158	,845	9	,066
	T3	,255	9	,095	,798	9	,019
	T4	,210	9	,200*	,865	9	,109

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 45, los resultados de p-valor para los tiempos T2 (60 minutos) y T4 (120 minutos) son mayores que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$) por lo que se acepta H_0 , es decir, los datos se ajustan a una distribución normal; para el T1 (30 minutos) y T3 (90 minutos) el resultado de p-valor es menor que el nivel de significancia por lo que, los

datos para este tiempo no se ajustan a una distribución normal, teniendo en consideración que los valores a comparar son los de Shapiro-Wilk encontrándose en un nivel de confiabilidad del 95%.

La prueba estadística utilizada fue la de análisis de varianza (ANOVA), debido a que se puede comparar diferentes grupos de manera cuantitativa.

Tabla 46. Análisis de varianza para los aceites y grasas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Tratamientos	11	622.695089	56.6086444	140.45	<.0001
Dosis	2	18.0673556	9.0336778	22.41	<.0001
Tiempo	3	564.713933	188.237978	467.05	<.0001
Dosis*Tiempo	6	39.9138	6.6523	16.51	<.0001
Error	24	9.6729333	0.4030389		
Total	35	632.368022			
C.V = 1.931276%					

Fuente: Elaboración propia

Prueba de hipótesis

H_0 : No existe diferencia significativa en los aceites y grasas de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

H_1 : Existe diferencia significativa en los aceites y grasas de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata.

Regla de decisión

Si $Pr. > 0.05$, aceptamos la H_0

Si $Pr. < 0.05$, rechazamos la H_0

Resultado/discusión

Pr presenta valores menores a 0.05, entonces rechazamos H_0 y aceptamos H_1 : Existe diferencia significativa en los aceites y grasas de las aguas residuales industriales antes y después de la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata. Al análisis de varianza de la tabla 46 se observa que, en las tres dosis suministradas existe diferencia estadística, tanto en las dosis, tiempo y dosis por tiempo, lo que significa que las

respuestas para este indicador son diferentes o poseen respuestas diferentes; y, para determinar cuál de los tratamientos anteriores mencionados es mejor se realiza la prueba de Tukey.

Tabla 47. Prueba de contraste de Tukey para AyG

Significancia	Promedio	Dosis
A	139.0833	T1
B	135.8375	T2
B	134.5992	T3
Significancia	Promedio	Tiempo
A	145.1211	D1
A	144.8889	D2
B	130.35	D3
C	125.6667	D4

Fuente: Elaboración propia

Al someter los promedios a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 47) se corrobora que existe diferencia estadística tanto para la dosis y tiempo (letras desiguales) y que la mejor respuesta para dosis es la D3 (20 mL) y para el tiempo es T4 (120') debido a que, estos resultados poseen la menor cantidad de grasas y aceites, siendo este parámetro peligroso por contaminar el agua.

Escherichia coli

Los resultados de la Escherichia coli obtenidos por la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata, la cual fue estimada en 3 dosis de aplicación de 1 mL, 10mL y 20 mL y recolectadas cada 30 minutos durante un lapso de tiempo de 120 minutos, se muestran en la tabla 48.

Tabla 48. Resultados de las AgNP– E. Coli (NMP/100 mL)

DOSIS	Tiempo (min)	Repeticiones			Promedio
		R1	R2	R3	
Dosis 1 mL	30'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
	60'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
	90'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
	120'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
Dosis 10 mL	Tiempo (min)	R1	R2	R3	Promedio
	30'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
	60'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00

	90'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
	120'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
Dosis 20 mL	Tiempo (min)	R1	R2	R3	Promedio
	30'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
	60'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
	90'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
	120'	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 48 se observa que la tecnología de nanopartículas de plata respecto a la *Escherichia coli* tanto para las dosis de 1 mL, 10 mL y 20 mL obtuvo valores iguales a 0.00E+00 NMP/100 mL. Además, los resultados obtenidos durante el lapso de tiempo de 120 minutos indican que las aguas residuales industriales se encuentran libres de esta bacteria dañina para los microorganismos presentes en el agua.

Resultados de la Eficiencia

Para determinar la eficiencia de la aplicación de las tecnologías se empleó la ecuación 6.

$$\text{Eficiencia(\%)} = \frac{\text{Concentración Inicial} - \text{Concentración Final}}{\text{Concentración Inicial}} \times 100\% \quad \text{..... (Ecuación 6)}$$

La ecuación de la eficiencia se utilizó para evaluar cuál de las dos tecnologías, entre la cavitación hidrodinámica y las nanopartículas de plata, presenta mayor nivel de mejora para la calidad de aguas residuales industriales en los parámetros físico-químicos y microbiológicos. Las concentraciones finales que fueron consideradas para esta comparación son las que se registraron para los tiempos de 30, 60, 90 y 120 minutos de aplicación de la tecnología, además de las que registraron valores menores a la concentración inicial del parámetro analizado.

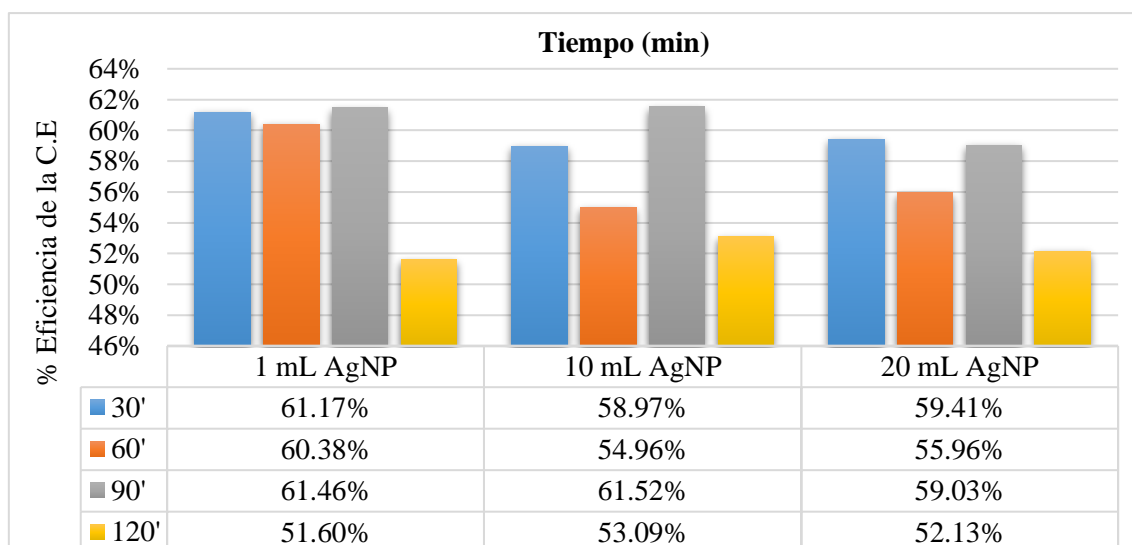


Figura 42. Eficiencia en la conductividad eléctrica

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 42, para el parámetro de la conductividad eléctrica, solo al aplicar la tecnología de nanopartículas de plata a las aguas residuales industriales de curtiembre presentó eficiencia; por lo que se puede determinar que la tecnología en mención obtuvo mayores niveles de mejora para la calidad de aguas residuales industriales dentro de los primeros 120 minutos de aplicación y en todas las dosis suministradas (1, 10 y 20 mL de AgNP-At). Los porcentajes de eficiencia de la tecnología de nanopartículas de plata variaron entre 51 y 62 %.

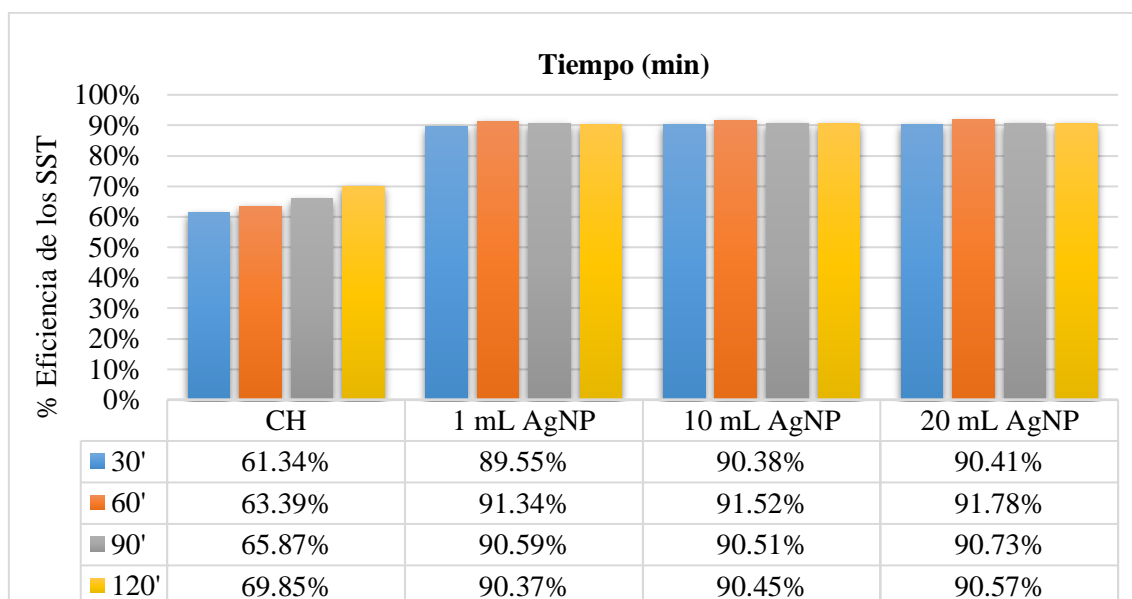


Figura 43. Eficiencia en los sólidos suspendidos totales

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 43 se observa que, para los sólidos suspendidos totales, al emplear la tecnología de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata, de forma independiente, existió eficiencia en ambas debido a que la concentración inicial de la muestra (713 mg/L) fue mayor a los valores obtenidos luego de la aplicación de las tecnologías. Además, se pudo determinar que la tecnología de nanopartículas de plata presentó mayores niveles de mejora que la de cavitación hidrodinámica para la calidad de aguas residuales industriales en los SST debido a que, durante los primeros 120 minutos de aplicación, la de nanopartículas de plata obtuvo porcentajes de eficiencia que variaron entre 89 y 92% en todas las dosis suministradas (1, 10 y 20 mL de AgNP-At), siendo superiores a los presentados por la de cavitación hidrodinámica que variaron entre 61 y 70%.

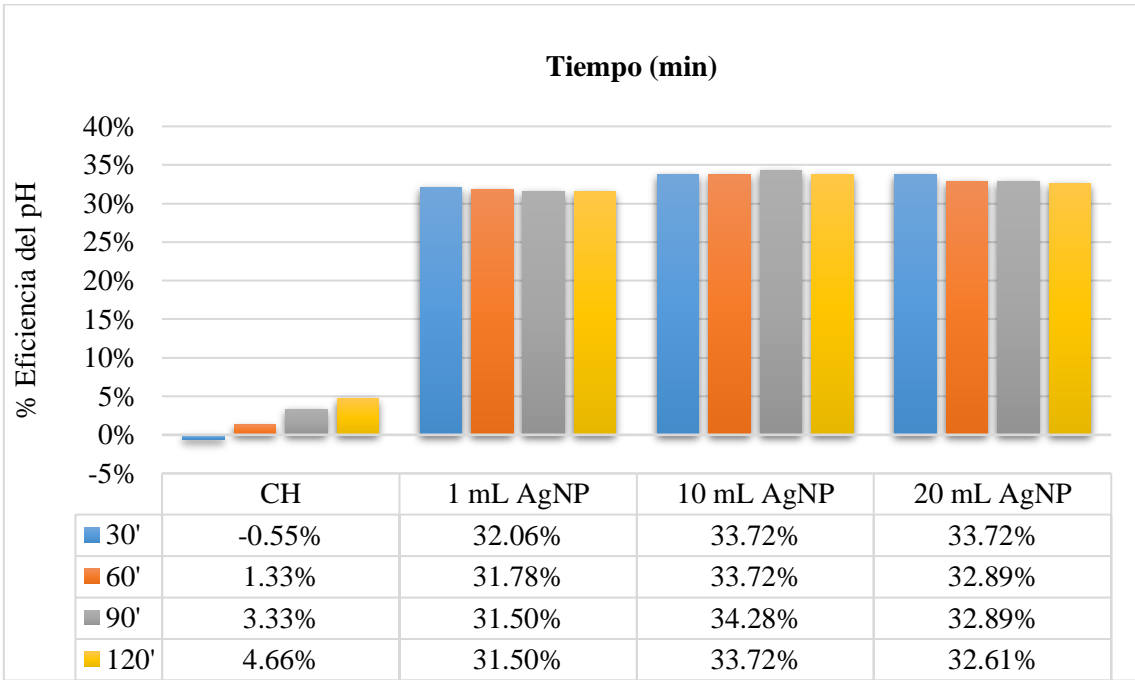


Figura 44. Eficiencia en el pH

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 44 se observa que, para el pH, al aplicar la tecnología de nanopartículas de plata durante los primeros 120 minutos presentó eficiencia dentro de los primeros 120 minutos de aplicación y en todas las dosis suministradas (1, 10 y 20 mL de AgNP-At); sin embargo, al emplear la tecnología de cavitación hidrodinámica, solo existió eficiencia entre los 60 y 120 minutos de aplicación. Además, se pudo determinar que la tecnología de nanopartículas de plata presentó mayores niveles de mejora que la

tecnología de cavitación hidrodinámica para la calidad de aguas residuales industriales en el pH debido a que, los porcentajes de eficiencia obtenidos por las nanopartículas de plata se encontraron en un rango de 31 y 35%, mientras que los de la cavitación hidrodinámica estuvieron en un rango de 1 a 5%. Estos resultados positivos se deben a que el valor inicial de la muestra (pH = 12.02) fue mayor a los obtenidos luego de aplicadas las tecnologías.

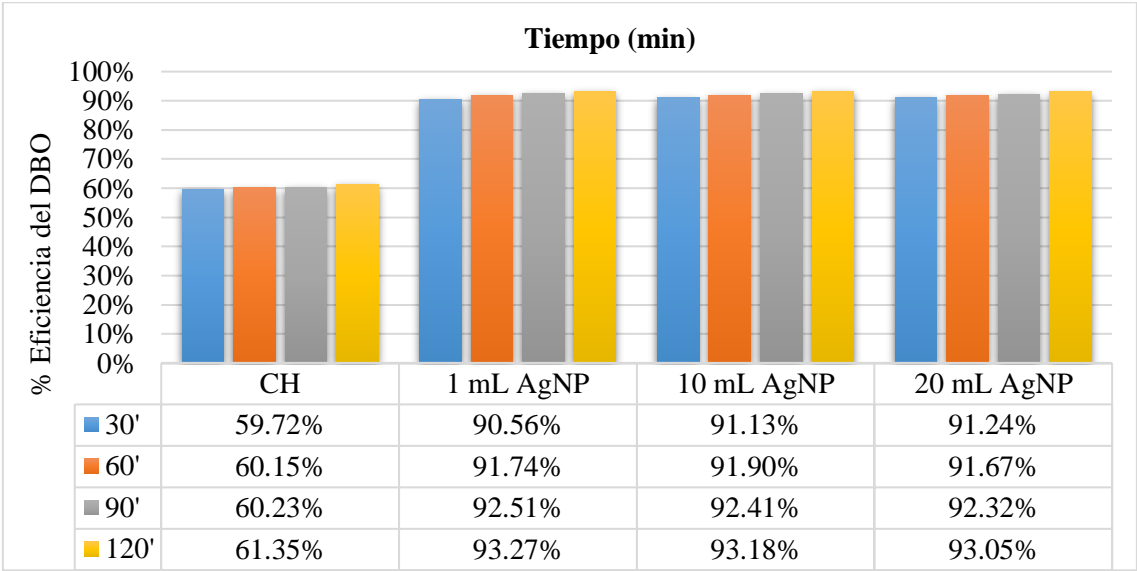


Figura 45. Eficiencia en la demanda bioquímica de oxígeno

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 45 se observa que, para la demanda bioquímica de oxígeno, al emplear la tecnología de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata, de forma independiente, existió eficiencia en ambas debido a que la concentración inicial de la muestra (859 mg/L) fue mayor a los valores obtenidos luego de la aplicación de las tecnologías. Además, se pudo determinar que la tecnología de nanopartículas de plata presentó mayores niveles de mejora que la de cavitación hidrodinámica para la calidad de aguas residuales industriales en el DBO debido a que, durante los primeros 120 minutos de aplicación, la de nanopartículas de plata obtuvo porcentajes de eficiencia que variaron entre 90 y 94% en todas las dosis suministradas (1, 10 y 20 mL de AgNP-At), siendo superiores a los presentados por la de cavitación hidrodinámica que variaron entre 59 y 62%.

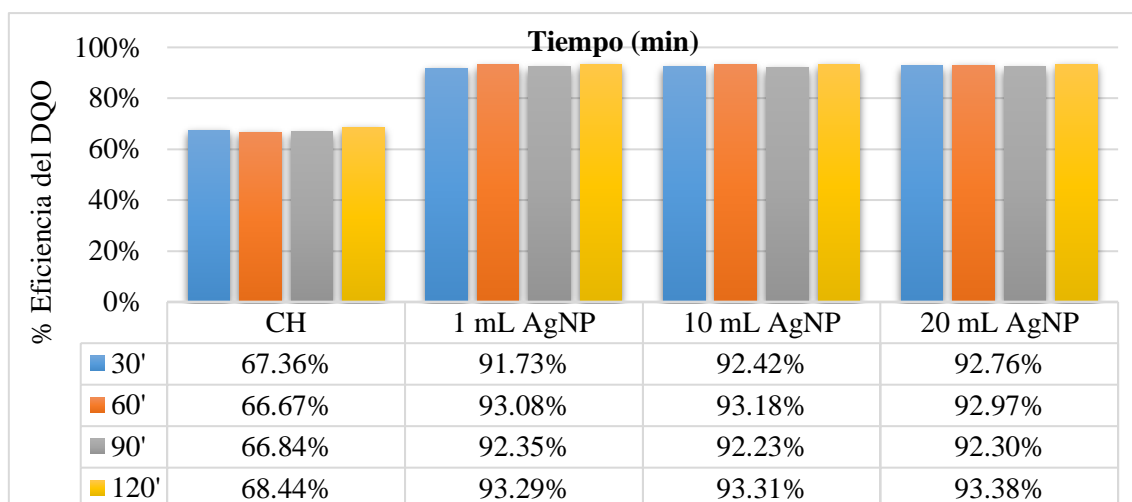


Figura 46. Eficiencia en la demanda química de oxígeno

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 46 se observa que, para la demanda química de oxígeno, al emplear la tecnología de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata, de forma independiente, existió eficiencia en ambas debido a que la concentración inicial de la muestra (1883 mg/L) fue mayor a los valores obtenidos luego de la aplicación de las tecnologías. Además, se pudo determinar que la tecnología de nanopartículas de plata presentó mayores niveles de mejora que la de cavitación hidrodinámica para la calidad de aguas residuales industriales en el DQO debido a que, durante los primeros 120 minutos de aplicación, la de nanopartículas de plata obtuvo porcentajes de eficiencia que variaron entre 91 y 94% en todas las dosis suministradas (1, 10 y 20 mL de AgNP-At), siendo superiores a los presentados por la de cavitación hidrodinámica que variaron entre 66 y 69%.

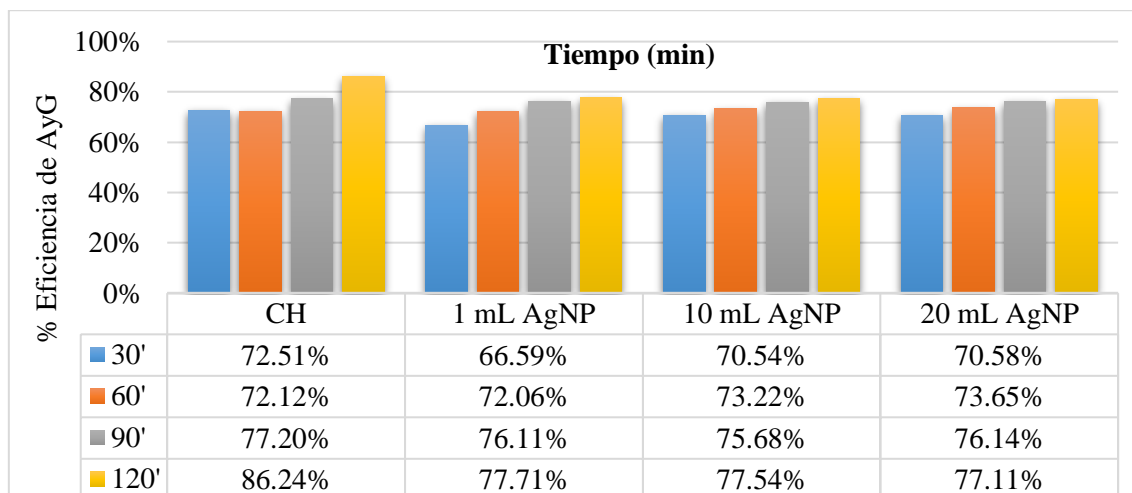


Figura 47. Eficiencia en los aceites y grasas

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 47 se observa que, para los aceites y grasas, al emplear la tecnología de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata, de forma independiente, existió eficiencia en ambas debido a que la concentración inicial de la muestra (126 mg/L) fue mayor a los valores obtenidos luego de la aplicación de las tecnologías. Además, se pudo determinar que la tecnología de cavitación hidrodinámica presentó mayores niveles de mejora que la de nanopartículas de plata para la calidad de aguas residuales industriales en los AyG debido a que, durante los primeros 120 minutos de aplicación, la primera tecnología obtuvo porcentajes de eficiencia que variaron entre 72 y 87% siendo superiores a los presentados por la de nanopartículas de plata en todas las dosis suministradas (1, 10 y 20 mL de AgNP-At) que variaron entre 66 y 78%.

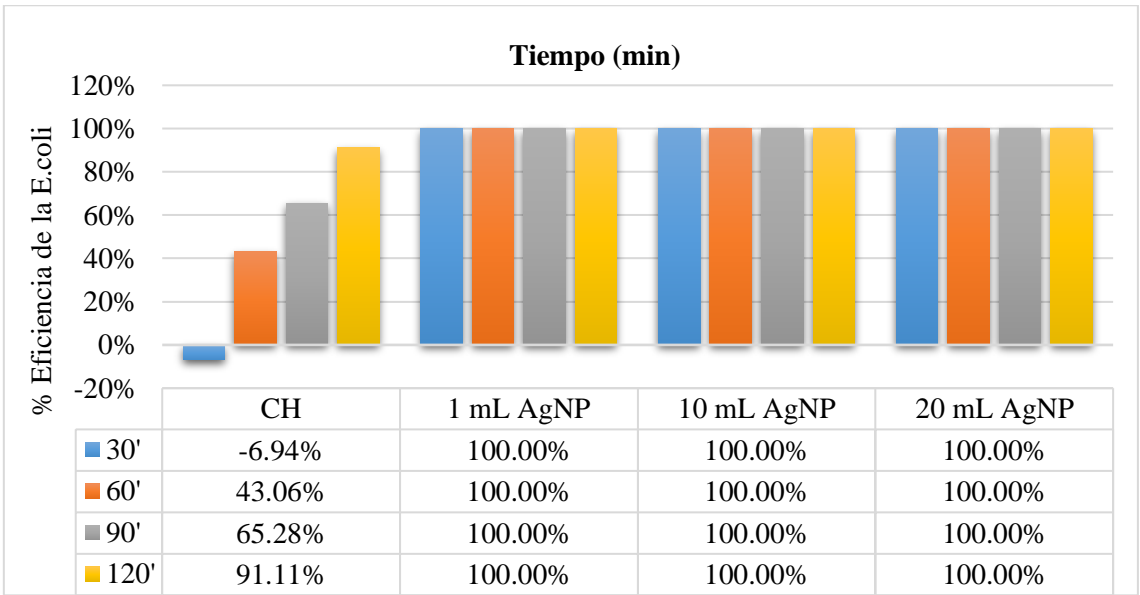


Figura 48. Eficiencia en la Escherichia Coli

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 48 se observa que, para la Escherichia coli, al aplicar la tecnología de nanopartículas de plata durante los primeros 120 minutos presentó eficiencia dentro de los primeros 120 minutos de aplicación y en todas las dosis suministradas (1, 10 y 20 mL de AgNP-At); sin embargo, al emplear la tecnología de cavitación hidrodinámica, solo existió eficiencia entre los 60 y 120 minutos de aplicación. Además, se pudo determinar que la tecnología de nanopartículas de plata presentó mayores niveles de mejora que la tecnología de cavitación hidrodinámica para la calidad de aguas residuales industriales en la E.coli debido a que, los porcentajes de eficiencia obtenidos por las nanopartículas de plata fue del 100%, mientras que los de la cavitación hidrodinámica

estuvieron en un rango de 43 a 92%. Estos resultados positivos se deben a que el valor inicial de la muestra ($E.coli = 2400 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$) fue mayor a los obtenidos luego de aplicadas las tecnologías.

IV. DISCUSIÓN

La concentración de la *Escherichia coli* en la muestra de agua residual de la industria de curtiembre presentó un valor inicial 2.40×10^3 NMP/100 mL y gracias a la aplicación de la tecnología de cavitación hidrodinámica, con una presión de entrada constante de 3.2 bar, ha presentado en 60 minutos una reducción hasta llegar al valor de 1.37×10^3 NMP/100mL con una eficiencia de 43.06%, y en 120 minutos al valor de 2.13×10^2 NMP/100 mL con una eficiencia de 91.11%; resultados que, al ser comparados con el estudio realizado por LIU, Z. *et al.* (2016) presentan gran similitud debido a que hacen referencia a la eliminación de microorganismos mediante esta tecnología concluyendo que la aplicación a aguas contaminadas logró un porcentaje de eliminación de esta bacteria en 99.99% en un tiempo total de 120 minutos a una presión de 2.5 bar,. Además, y en contraste con el estudio presentado por ESTEBAN, H. (2018) quién determinó que en un tiempo de 65 minutos y a una presión de 3 bar, el porcentaje de desinfección bacteriana fue de 99.5%, se evidencia una diferencia en el tiempo de aplicación para lograr eficiencias parecidas, la cual se puede atribuir al tipo de reactor de cavitación que utilizó en su estudio el autor en mención el cual fue un tubo Venturi, y para la presente investigación, en cambio, se empleó una placa de 17 orificios de 1.5 mm de diámetro. La misma diferencia se presentó con la publicación de JAIN, P. *et al.* (2019), quiénes en 60 minutos y a una presión de 2 bar lograron conseguir un porcentaje de desinfección para la *E. Coli* del 97%, ello se debe a que emplearon una placa de un solo orificio de 3 mm de diámetro y que además emplearon un sistema de refrigeración para poder mantener una temperatura constante.

La tecnología de cavitación hidrodinámica fue eficiente para la reducción del DQO en la muestra de agua residual industrial estudiada debido a que se obtuvo un porcentaje de 66.67% en un tiempo de 60 minutos y al comparar estos resultados con el estudio realizado por RANDHAVANE, S. (2018) quién también empleo el mismo reactor de cavitación, obtuvo una eficiencia de 58% en el mismo lapso de tiempo, por lo que se identifica que el porcentaje de eficiencia fue mayor para la presente investigación, ello es a causa de que el autor en mención no empleó una presión de entrada constante durante todo el estudio. También se puede comparar con la investigación científica de SAXENA, S., SAHARAN, K. Y GEORGE, S. (2018) quienes utilizando solo cavitación lograron obtener una eficiencia de 14.46% para la demanda química de oxígeno en un tiempo de

120 minutos y a una presión constante de 5 bar, determinando que los resultados de la presente investigación son superiores tanto en tiempo como en presión; ello puede deberse al tipo de reactor que se utilizó, dado que, los autores en mención emplearon un dispositivo de cavitación Venturi. Asimismo, RAJORIYA, S. et al. (2018) utilizó un tubo Venturi para producir la cavitación hidrodinámica y con una presión de 5 bar para un tiempo de 120 minutos alcanzó una eficiencia de casi 12% para la reducción de DQO, resultado que comparado con la investigación resulta menor en eficiencia y mayor en tiempo y presión.

Otro parámetro estudiado fueron los sólidos suspendidos totales, se obtuvo como resultado inicial en la caracterización de la muestra de agua residual industrial de curtiembre un valor de 713 mg/L y con la aplicación de la tecnología de cavitación hidrodinámica pudo reducir en 60 minutos hasta 261 mg/L con eficiencia de 63.39% y para un tiempo de 120 hasta 215 mg/L con eficiencia de 69.85%. Estos resultados al ser comparados con el estudio de KARAMAH, E. Y NURCAHYANI P. (2019) quienes obtuvieron una eficiencia de 79.84% en 60 minutos para los SST, indican que el estudio por los autores en mención fue superior a la presente investigación para el tiempo estimado, sin embargo, se debe tener presente que ellos emplearon una combinación de tecnologías (cavitación hidrodinámica más ozonificación). Por el contrario, SAXENA, S. et al. (2018) al estudiar la concentración de los SST en aguas de curtiembre luego de aplicada la cavitación, en 120 minutos y con una presión de 5 bar obtuvo una eficiencia del 33.2%, resultando que la presente investigación obtuvo mejores resultados para este indicador.

En el caso de las nanopartículas de plata, las propiedades físicas obtenidas gracias al empleo de extracto de *Aloysia triphylla* (cedrón) fueron un tamaño de 10.9 nm. y una dispersión de 0.330 mediante un proceso de síntesis inmediato, que al compararlas con otros estudios como el UDDIN, I. et al. (2017) quienes emplearon como extracto el *Matricaria recutita* obtuvieron un tamaño de 11 nm. luego de un período de 72 horas, la presente investigación tiene mejores resultados debido al tiempo de síntesis. De igual manera, SALGUERO, M. Y PILAQUINGA, F. (2017), emplearon para la síntesis un extracto de cilantro (*Coriandrum sativum*) y recubiertas con látex de sangre de drago (*Croton lechleri*) y obtuvieron tamaños para las AgNP de cilantro de 50 nm. y las de cilantro con látex de sangre de grado de 70nm; por lo que, al comparar estos resultados

con los de la investigación, se indica que el tamaño obtenido es más óptimo y adecuado para abarcar mayor área superficial.

Las condiciones de operación para obtener las nanopartículas de plata utilizando extracto de *Aloysia triphylla* (cedrón) fueron en primera instancia la preparación del extracto a una agitación de 600 rpm, alcanzado una temperatura de 60°C por 20 minutos y con un pH final de 6.8, luego para la obtención de las nanopartículas de plata se realizó la síntesis inmediata de 5 ml de AgNO₃ (0.001M) más 3 ml del extracto anterior a condiciones normales y de esta manera conseguir un tamaño de nanopartícula de 10.9 nm.; y al comparar estos resultados con el estudio realizado por NZEKEKWU, A. Y ABOSEDE, O. (2019), quienes utilizaron extractos de *Azadirachta indica* y *Vernonia amigdalina*, para obtener los mismos incubaron por 30 minutos a 25°C el extracto y para la síntesis mezclaron 9 mL. de AgNO₃ (0.1 M) con 1 mL de extracto observando que luego de 72 horas obtuvieron las nanopartículas de plata con tamaño en un rango de 455 a 460 nm; por lo que, se puede resaltar que la cantidad empleada de nitrato de plata en el estudiado mencionado por los dos autores es mayor al de la presente investigación, además, el tiempo de formación y tamaño de las AgNPs fue mayor.

Para 120 minutos de aplicación de 20 mL de nanopartículas de plata en las aguas residuales industriales de curtiembre se obtuvieron, para los indicadores de pH, DQO, DBO y SST, eficiencias de 32.61, 93.38, 93.05 y 90.57% respectivamente; y al ser comparadas con el estudio realizado por THAMILSELVI, V. y RADHA, K. (2017), quienes aplicaron AgNp de tamaños entre 50 a 70 nm. a aguas de curtiembre, luego de 240 minutos obtuvieron eficiencias de 10, 77.65, 90 y 90.82% para el pH, DQO, DBO y SST respectivamente; por lo que, los resultados de la presente investigación fueron superiores a los obtenidos por los autores en mención.

Las nanopartículas de plata sintetizadas con *Aloysia triphylla* (cedrón) obtuvieron resultados de eficiencia para la reducción de la bacteria *Escherichia Coli* del 100% para tiempos de 30, 60, 90 y 120 minutos; y al compararlas con el estudio realizado por RAOTA, C. et al. (2019) quienes utilizaron el extracto de orujo de uva para su síntesis, obtuvieron después de 60 minutos de aplicación una eficiencia del 47%, se determina que los resultados obtenidos por la presente investigación fueron mejores. Asimismo, en el estudio realizado por RUS, A., LEORDEAN, V. Y BERCE, P. (2017), luego de 120

minutos de aplicación de las AgNPs obtuvieron eficiencias para la eliminación de la bacteria de 91.85, 89.14 y 74.92%; siendo estos resultados menores a los que se obtuvieron en la presente investigación. Finalmente, en la tesis presentada por FEIJO, P. (2018) en la que aplicó dosis de 1, 10 y 20 mL de nanopartículas de plata sintetizadas con extracto de romero, obtuvo resultados luego de 24 horas de aplicación con eficiencia del 100%, que al ser comparados con el tiempo de aplicación de la presente investigación, se determina que el tiempo empleado para la recolección de datos por la autora en mención fue deficiente, debido a que se alcanza la optimización de la investigación del 100% de eficiencia dentro de los primeros 30 minutos de aplicación de las nanopartículas de plata.

La temperatura en la tecnología de cavitación hidrodinámica se relacionó con el tiempo de aplicación de la técnica, quiere decir que a medida que transcurría el tiempo, la temperatura también iba en aumento. Para DE MATOS *et al.* (2014) el aumentar la temperatura significaba que el agua presentaba una mayor carga orgánica, afirmación que se corrobora en la presente investigación debido a la alta concentración inicial de la demanda bioquímica de oxígeno presente en las aguas residuales industriales de curtiembre (DBO inicial de la muestra = 859 mg/L > Límites máximos permisibles para DBO = 500 mg/L).

En el caso de la conductividad eléctrica, en la tecnología de cavitación hidrodinámica se relacionó con la temperatura, debido a que a medida aumentaba la temperatura, la conductividad eléctrica también lo hacía, afirmación que se corrobora con lo señalado por SOLÍS, ZUÑIGA y MORA (2018), ya que indican que la estabilidad de este parámetro depende en gran parte de la temperatura. Al no presentar una temperatura estable, la conductividad eléctrica sufrirá alteraciones, tal como lo presenta la investigación en la concentración inicial de la muestra de agua residual la cual fue de 2637 uS/cm y con la aplicación de la tecnología en mención llegó a alcanzar valores hasta de 5305 uS/cm.

V. CONCLUSIONES

La aplicación de la tecnología de cavitación hidrodinámica presentó mejora para la calidad de aguas residuales industriales debido a que, se determinó el nivel con el indicador de eficiencia. Dentro de los primeros 120 minutos de tratamiento, cuatro parámetros lograron eficiencias y fueron los sólidos suspendidos totales (SST) que obtuvieron valores de eficiencia entre 61.84 y 69.85%, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) obtuvo una eficiencia entre 59.72 y 61.35%, la demanda química de oxígeno (DQO) presentó valores entre 67.36 y 68.44%; y, los aceites y grasas (AyG) obtuvieron valores de eficiencia entre 72.51 y 86.24%. Pasado los 30 y antes de los 120 minutos de aplicación de la cavitación hidrodinámica, el pH obtuvo valores de eficiencia entre 1.33 y 4.66%; y, finalmente, la *Escherichia coli* obtuvo valores de eficiencia entre 43.06 y 91.11%. En el caso de la temperatura y la conductividad eléctrica, no se lograron conseguir porcentajes de eficiencia dentro de los primeros 120 minutos de tratamiento; ello se debe al aumento de la temperatura con el paso del tiempo y a la alta presencia de carga orgánica dentro de la muestra de agua residual industrial.

Existió mejora para la calidad de aguas residuales industriales con la aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata antes de los 30 minutos de tratamiento y para las dosis de 1, 10 y 20 mL de AgNP. Esta mejora fue calculada con el indicador de eficiencia presentándose en siete parámetros los cuales fueron: Conductividad eléctrica (C.E) con una eficiencia entre 51.60 y 61.52%, sólidos suspendidos totales (SST) con valores entre 89.55 y 91.78%, el pH obtuvo valores de eficiencia entre 31.50 y 34.28%, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) presentó eficiencia entre 90.56 y 93.27%, la demanda química de oxígeno (DQO) fue eficiente de 91.73 a 93.38%, los aceites y grasas (AyG) presentaron eficiencia entre 66.59 y 77.71%; y finalmente, la *Escherichia coli* fue eficiente al 100%. Cabe recalcar que, para el parámetro de temperatura, si bien no existió eficiencia, el indicador se encontró dentro los límites máximos permisibles para los primeros 120 minutos de tratamiento y para todas las dosis de nanopartículas antes mencionadas.

Se determinó que en la tecnología de nanopartículas de plata, gracias a las pruebas de contraste de Tukey, para lograr una mayor optimización en el tratamiento de la calidad de las aguas residuales industriales; para la temperatura, la dosis óptima de nanopartículas

de plata fue 20 mL en 30 minutos aplicación; para la conductividad eléctrica (C.E), la dosis ideal de nanopartículas fue de 1 ml en 90 minutos de tratamiento; en los sólidos suspendidos totales (SST), 20 ml de nanopartículas en 60 minutos logran la mayor reducción de este parámetro; en el caso del pH, la dosis ideal fue de 10 ml sin importar el tiempo de aplicación; para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se debe aplicar 10 ml de nanopartículas de plata en 120 minutos y de esa manera conseguir mejores resultados; tanto para la demanda química de oxígeno (DQO) y los aceites y grasas (AyG), la dosis ideal fue de 20 ml en un tiempo de 120 minutos de aplicación; finalmente, en el caso de la *Escherichia Coli*, con 1 ml de solución de nanopartículas de plata sintetizadas con extracto de *Aloysia triphylla* se lograr alcanzar la reducción completa antes de los 30 minutos de aplicación de la tecnología.

Se analizó que la tecnología de nanopartículas de plata es más eficiente que la tecnología de cavitación hidrodinámica para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, debido a que se determinó que los valores de las eficiencias obtenidas con la primera tecnología fueron superiores a las de la segunda, además, con las AgNP se pudo mejorar más indicadores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de la investigación que con la cavitación hidrodinámica; y, que el tiempo de aplicación para mejorar la calidad de las aguas fue antes de los 30 minutos, caso contrario a la segunda tecnología, debido a que se observó que obtuvo mejores resultados pasado los 30 minutos de aplicación.

VI. RECOMENDACIONES

Emplear la tecnología de cavitación hidrodinámica en otros tipos de aguas residuales industriales diferentes a la de curtiembre para verificar si la tecnología puede obtener mejores resultados en otro tipo de efluente.

Utilizar un sistema de refrigeración en el equipo de circulación de la tecnología de cavitación hidrodinámica, para que, de esta manera, la temperatura del agua residual industrial se encuentre dentro los límites máximos permisibles, dado que, al manipular esta variable, se obtendrá una temperatura constante para el flujo.

Utilizar otro tipo de reactores para generar la cavitación hidrodinámica, debido a que la generación de cavidades influye en el proceso de degradación de contaminantes que contiene al agua residual industrial.

Debido a la capacidad bactericida contra la *Escherichia Coli* de las nanopartículas de plata sintetizadas con *Aloysia triphylla*, se recomienda utilizarlas para otros procesos contra agentes patógenos como los coliformes fecales u otras bacterias.

Emplear en forma combinada la tecnología de cavitación hidrodinámica con las nanopartículas de plata para poder determinar si existe una mejora en la eficiencia de los parámetros físico-químicos y microbiológicos a un menor tiempo de aplicación.

De existir presencia de plata en el agua residual industrial luego de la aplicación de la tecnología de nanopartículas, se recomienda aplicar la tecnología de cavitación hidrodinámica para determinar si es capaz de degradar este contaminante, el cual causa daños a la salud.

VII. REFERENCIAS

ANWAR, Fahmi y ARTHANAREESWARAN, G. Silver nano-particle coated hydroxyapatite nano-composite membrane for the treatment of palm oil mill effluent. Revista de Ingeniería de Procesos de Agua [en línea]. 2019, 31. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714418306391>

DOI: 10.1016/j.jwpe.2019.100844

ARANA, Martha. La educación científico-tecnológica desde los estudios de la ciencia, tecnología, sociedad e innovación. Revista de Humanidades Tabula Rasa [en línea]. Enero-diciembre 2005, 3, 293-313. [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2019]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39600315>

ISSN 1794-2489

ARPUTHA, Sherly et al. Green synthesis of biocidal silver-activated charcoal nanocomposite for disinfecting water. Revista de Nanociencia Experimental [en línea]. Octubre 2013, 10(7), 532-544. [Fecha de consulta: 7 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17458080.2013.848295>

DOI: 10.1080/17458080.2013.848295

BHARGAVA, Swati y UMA, Vedula. Rapid extraction of Cu(II) heavy metal from industrial waste water by using silver nanoparticles anchored with novel Schiff base. Revista de Ciencia y Tecnología de Separación [en línea]. Octubre 2018, 54(7), 1-12. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/328210616_Rapid_extraction_of_CuII_heavy_metal_from_industrial_waste_water_by_using_silver_nanoparticles_anchored_with_novel_Schiff_base

DOI: 10.1080/01496395.2018.1527853

BRAEUTIGAM, Patrick et al. Degradation of BTEX in Aqueous Solution by Hydrodynamic Cavitation. Revista de Ingeniería química y tecnología [en línea]. Mayo 2009, 32(5), 745-753. [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2019]. Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/229472912_Degradation_of_BTEX_in_Aqueous_Solution_by_Hydrodynamic_Cavitation

DOI: 10.1002/ceat.200800626

CALDERÓN, Bryan et al. Silver Nanoparticles: Technological Advances, Societal Impacts, and Metrological Challenges. *Revista Fronteras en Química* [en línea]. Febrero 2017, 5(6). [Fecha de consulta: 7 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5318410/>

DOI: 10.3389/fchem.2017.00006

CARRILLO, Octavio, GALINDO, Gerardo y GARCÍA Contreras. Reproducción de cavitación hidrodinámica luminiscente para la limpieza de agua a nivel terciario. Tesis (Ingeniero en Ingeniería Mecánica). México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012. Disponible en <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1894/Tesis.pdf?sequence=1>

CAUERHFF, Ana y CASTRO, Guillermo. Bionanoparticles, a green nanochemistry approach. *Revista electrónica de Biotecnología* [en línea]. 2013, 16(3). [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019]. Disponible en <http://www.ejbiotechnology.info/index.php/ejbiotechnology/article/view/v16n3-3>

DOI: 10.2225/vol16-issue3-fulltext-3

CEHOVIN, Matej et al. The Enhancement of H₂O₂/UV AOPs for the Removal of Selected Organic Pollutants from Drinking Water with Hydrodynamic Cavitation. *Revista Acta Chimica Slovenica* [en línea]. Diciembre 2016, 63(4), 837–849. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/312229832_The_Enhancement_of_H2O2UV_AOPs_for_the_Removal_of_Selected_Organic_Pollutants_from_Drinking_Water_with_Hydrodynamic_Cavitation

DOI: 10.17344/acsi.2016.2759

CHANG, Raymond y COLLEGE, Williams. Química [en línea]. 7ª. ed. México DF: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A, 2002. [Fecha de consulta: 11 de junio de 2019]. Disponible en: <https://clea.edu.mx/biblioteca/Quimica%20General%20-%207ma%20Edicion%20-%20Raymond%20Chang.pdf>
ISBN: 0-07-365601-1

CHAVEZ, Georgina. Nanotecnología una alternativa para el tratamiento de aguas residuales: Avances, Ventajas y Desventajas. Revista de la Selva Andina Research Society [en línea]. 2018; 9(1):52-61. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2019]. Disponible en http://www.scielo.org.bo/pdf/jsars/v9n1/v9n1_a05.pdf

COUTIÑO, Elda, ÁVILA, Lucerito y ARROYO, Omar. Las nanopartículas de plata: Mecanismos de entrada, toxicidad y estrés oxidativo. Revista de Educación Bioquímica [en línea]. 2017, 36(2), 39-54. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2019]. Disponible en <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=75677>

CUSHING, Brian, KOLESNICHENKO, Vladimir y O'CONNOR, Charles J. Recent Advances in the Liquid-Phase Syntheses of Inorganic Nanoparticles. Revista de Química [en línea]. Octubre 2004, 104(6), 3893-3946. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2019]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15352782>
DOI: 10.1021/cr030027b

DEITOS, Luciano et al. Silver nanoparticles impregnated with polyamide-66 to disinfect drinking water. Revista Ambiente & Agua [en línea]. 2018, 13(6). [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019]. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1980-993X2018000600309&lng=en&nrm=iso
DOI: 10.4136/ambi-agua.1947

DE MATOS, Mateus et al. Effect of time-temperature binomial in obtaining biochemical oxygen demand of different wastewaters. Revista Engenharia Agrícola [en línea]. Abril 2014, 34(2), 332-340. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019]. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162014000200014
DOI: 10.1590/S0100-69162014000200014

DENG, Cheng et al. Effective degradation of oil pollutants in water by hydrodynamic cavitation combined with electrocatalytic membrane. *Revista Aip Advances* [en línea]. 2018, 8 (12). [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2019]. Disponible en <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.5028152>
DOI: 10.1063/1.5028152

DIPANKAR, C. y MURUGAN, S. The green synthesis, characterization and evaluation of the biological activities of silver nanoparticles synthesized from *Iresine herbstii* leaf aqueous extracts. *Revista de Coloides y Superficies B: Biointerfaces* [en línea]. 2012, 98, 112-119. [Fecha de consulta: 17 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927776512001993>
DOI: 10.1016/j.colsurfb.2012.04.006

DOLTADE, Sarjerao et al. Hydrodynamic cavitation as an imperative technology for the treatment of petroleum refinery effluent. *Revista de Ingeniería de Procesos de Agua* [en línea]. 2019, 29. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714418307529>
DOI: 10.1016/j.jwpe.2019.02.008

DONG, Zhiyong y ZHAO, Wenqian. Killing rate of colony count by hydrodynamic cavitation due to square multi-orifice plates. *Revista IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea]. 2018, 121. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019]. Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/121/2/022004>
DOI: 10.1088/1755-1315/121/2/022004

D.S 003-2002-PRODUCE [en línea]. Límite máximo permisible de efluentes para las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre. Ministerio de la Producción, 2002. [Fecha de consulta: 05 de abril de 2019]. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/01/LMP-DS-N%C2%BA-003-2002-PRODUCE.pdf>

ESCOBAR, Vanessa. Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata por espectroscopia de infrarrojos (FT-IR), UV-Vis, absorción atómica de llama (FAAS) y

microscopía de barrido electrónico (SEM). Tesis (Licenciada en Ciencias Químicas con mención en Química Analítica). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2015 Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9933>

ESTEBAN, Héctor. Desinfección bacteriana de aguas residuales utilizando cavitación hidrodinámica a través de un tubo Venturi. Revista Congreso de Ciencia y Tecnología [en línea]. Junio 2018, 13 (1), 77-80. [Fecha de consulta: 05 de abril de 2019]. Disponible en <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/808>

ISSN: 1390-4663

FEIJOO, Paola. Reducción de microorganismos del agua en la zona rural de la Esperanza Alta – Huaral utilizando nanopartículas de plata sintetizadas con Rosmarinus officinalis aplicando química verde. Tesis (Ingeniera en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/18685>

FERNÁNDEZ, Ángel. Investigación y técnicas de mercado [en línea]. 2ª. ed. Madrid: Esic Editorial, 2004. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=LnVxgMkEhkgC&pg=PA84&lpg=PA84&dq=tecnica+de+observacion&source=bl&ots=iC2zdvnhKc&sig=ACfU3U2ffiLehA-goqYYp8s4HXmHZR0T6A&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwie29O2mOLiAhVC11kKHKVKsDmk4ChDoATAMegQICRAB#v=onepage&q=tecnica%20de%20observacion&f=false>

GOGATE, Parag y PATIL, Pankaj. Combined treatment technology based on synergism between hydrodynamic cavitation and advanced oxidation processes. Revista Ultrasonics Sonochemistry [en línea]. 2015, 25, 60-69. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417714002867>
DOI: 10.1016/j.ultsonch.2014.08.016

GOGATE, Parag, TAYAL, Rajiv y PANDIT, Aniruddha. Cavitation: A technology on the horizon. Revista Current Science [en línea]. Julio 2006, 91 (1). [Fecha de consulta: 07 de mayo de 2019]. Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/279898046_Cavitation_A_technology_on_the_horizon

GÓMEZ, Marcela. Nanomateriales, nanopartículas y síntesis verde. Revista Repertorio de Medicina y Cirugía [en línea]. Agosto 2018, 27(2), 78-80. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019]. Disponible en <https://revistas.fucsalud.edu.co/index.php/repertorio/article/view/191/209>
DOI: 10.31260/RepertMedCir.v27. n2.2018.191

HERNÁNDEZ, Jesús. Potabilidad del agua en Acueductos de San Juan y Martínez Provincia Pinar del Río. 2009- 2010. Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río [en línea]. 2012, mayo-junio, 16(3). 39-50. [Fecha de consulta: 07 de mayo de 2019]. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rpr/v16n3/rpr06312.pdf>
ISSN: 1561-3194

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la Investigación Científica [en línea]. 6.a ed. México D.F: McGRAW-HILL, 2014. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
ISBN: 978-1-4562-2396-0

INNOCENZI, Valentina et al. Comparison of performances of hydrodynamic cavitation in combined treatments based on hybrid induced advanced Fenton process for degradation of azo-dyes. Revista de Ingeniería Química Ambiental [en línea]. Junio 2019, 7(3). [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343719302945>
DOI: 10.1016/j.jece.2019.103171

JAIN, Pooja et al. Hydrodynamic cavitation using vortex diode: An efficient approach for elimination of pathogenic bacteria from water. Revista de Gestión Ambiental [en línea]. Julio 2019, 2042, 210–219. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719305249>
DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.04.057

JOSHI, Saurabh y GOGATE, Parag. Intensification of industrial wastewater treatment using hydrodynamic cavitation combined with advanced oxidation at operating capacity of 70 L. Revista Ultrasonidos – Sonoquímica [en línea]. Abril 2019, 52, 375-381. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350417718314901>
DOI: 10.1016/j.ultsonch.2018.12.016

JUNG, Jae et al. Metal nanoparticle generation using a small ceramic heater with a local heating area. Revista de Ciencia Aerosol [en línea]. Diciembre 2006, 37(12), 1662-1670. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002185020600156X>
DOI: 10.1016/j.jaerosci.2006.09.002

KARAMAH, Eva y NURCAHYANI, Pristi. Degradation of Blue KN-R Dye in Batik Effluent by an Advanced Oxidation Process Using a Combination of Ozonation and Hydrodynamic Cavitation. Revista de Química de Indonesia [en línea]. 2019, 19(1), 41-47. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://jurnal.ugm.ac.id/ijc/article/view/26733>
DOI: 10.22146/ijc.26733

KORPE, Sneha et al. Tannery wastewater treatment by cavitation combined with advanced oxidation process (AOP). Revista de Ultrasonidos-Sonoquímica [en línea]. Diciembre 2019, 59. [Fecha de consulta: 01 de diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350417718308678>
DOI: 10.1016/j.ultsonch.2019.104723

KRUIS, Frank, FISSAN, Heinz y RELLINGHAUS, Bernd. Sintering and evaporation characteristics of gas-phase synthesis of size-selected PbS nanoparticles. Revista de Ciencia e Ingeniería de Materiales: B [en línea]. Enero 2000, 69-70, 329-334. [Fecha de consulta: 07 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921510799002986>
DOI: 10.1016/S0921-5107(99)00298-6

KUMAR, Suresh et al. Treatment of ternary dye wastewater by hydrodynamic cavitation combined with other advanced oxidation processes (AOP's). Revista de Ingeniería de Procesos del Agua [en línea]. Junio 2018, 23, 250-256. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714418300679>
DOI: 10.1016/j.jwpe.2018.04.004

LIU, Zhimeng et al. Pollutant and Microorganism Removal From Water by Hydrodynamic Cavitation. Revista The Open Biotechnology Journal [en línea]. 2016, 10, 258-264. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2019]. Disponible en <https://benthamopen.com/FULLTEXT/TOBIOTJ-10-258>
DOI: 10.2174/1874070701610010258

LOPEZ, Luis et al. Synthesis and Catalytic Evaluation of Silver Nanoparticles Synthesized with Aloysia triphylla Leaf Extract. Revista de agrupamiento de ciencias [en línea]. Agosto 2016, 27, 1989-1999. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019]. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s10876-016-1062-3>
DOI: 10.1007/s10876-016-1062-3

LU, Feng y ASTRUC, Didier. Nanomaterials for removal of toxic elements from water. Revista Coordination Chemistry Reviews [en línea]. Febrero 2018, 356, 147-164. [Fecha de consulta: 7 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010854517304368>
DOI: 10.1016/j.ccr.2017.11.003

MAAZ, Khan. Silver Nanoparticles: Fabrication, Characterization and Applications [en línea]. London: IntechOpen, 2018. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.intechopen.com/books/silver-nanoparticles-fabrication-characterization-and-applications>
DOI: 10.5772/intechopen.71247

MAFUNÉ, Fumitaka et al. Formation of Stable Platinum Nanoparticles by Laser Ablation in Water. Revista de Fisicoquímica: B [en línea]. Abril 2003, 107(18), 4218-4223. [Fecha

de consulta: 7 de junio de 2019]. Disponible en <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jp021580k>
DOI: 10.1021/jp021580k

MARAMBIO, Catalina y HOEK, Eric. A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment. *Revista de Investigación de nanopartículas* [en línea]. Junio 2010, 12(5), 1531-1551. [Fecha de consulta: 7 de junio de 2019]. Disponible en https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:42079387
DOI: 10.1007/s11051-010-9900-y

MESA, Dianelis, Avances de las nuevas tecnologías en la organización y representación del conocimiento. *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento* [en línea]. Mayo-agosto, 2015, 12(2), 11-25. [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2019]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=82340995002>
ISSN 1690-7515

MONGE, Miguel. Nanopartículas de plata: métodos de síntesis en disolución y propiedades bactericidas. *Revista de Anales de la Real Sociedad Española de Química* [en línea]. Marzo 2009, 105(1), 33-41. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2931286>
ISSN 1575-3417

MONTUSIEWICZ, A. et al. Hydrodynamic cavitation of brewery spent grain diluted by wastewater. *Revista Chemical engineering journal* [en línea]. Abril 2017, 313, 946-956. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894716315418>
DOI: 10.1016/j.cej.2016.10.132

MORONES, José et al. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Revista de Nanotecnología* [en línea]. Agosto 2005, 16(10), 2346–2353. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20818017>
DOI: 10.1088/0957-4484/16/10/059

NZEKEKWU, A. y ABOSEDE, O. Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using Leaves Extracts of Neem (*Azadirachta indica*) and Bitter Leaf (*Vernonia amygdalina*). *Revista de Ciencias Aplicadas y Gestión Ambiental* [en línea]. 2019, 23(4), 695-699. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.ajol.info/index.php/jasem/article/view/186434>
ISSN 1119-8362

OEFA. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales [en línea]. Lima: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014. [Fecha de consulta: 17 de mayo de 2019]. Disponible en https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

OLIVEIRA, Marcela et al. Influence of synthetic parameters on the size, structure, and stability of dodecanethiol-stabilized silver nanoparticles. *Revista de Coloides y la Ciencia de la Interfaz* [en línea]. Diciembre 2005, 292(2), 429-435. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021979705006430>
DOI: 10.1016/j.jcis.2005.05.068

OMS. Guías para la Calidad de Agua Potable [en línea]. 3ª ed. Suiza: Organización Mundial de Salud, 2008 [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2019]. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq3rev/es/
ISBN: 9249241546964

PATIL, Pankaj, BOTE, Sayli y GOGATE, Parag. Degradation of imidacloprid using combined advanced oxidation processes based on hydrodynamic cavitation. *Revista Ultrasonics Sonochemistry* [en línea]. Setiembre 2014, 21(5), 1770-1777. [Fecha de consulta: 9 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135041771400073X>
DOI: 10.1016/j.ultsonch.2014.02.024

PICQUART, Michel y CARRASCO, Izayana. De la temperatura y su medición. *Revista Latinoamericana de Educación Física* [en línea]. Marzo 2017, 11(1). [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2019]. Disponible en http://www.lajpe.org/mar17/1310_Picquart_2017.pdf

ISBN 1870-9095

PRABHU, Sukumaran y POULOSE, Eldho. Silver nanoparticles: mechanism of antimicrobial action, synthesis, medical applications, and toxicity effects. *Revista Nano Cartas Internacionales* [en línea]. Octubre 2012, 2(32). [Fecha de consulta: 24 de junio de 2019]. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1186/2228-5326-2-32>
DOI: 10.1186/2228-5326-2-32

RADHESH, Kumar y MUNSTEDT, Helmut. Silver ion release from antimicrobial polyamide/silver composites. *Revista de Biomateriales* [en línea]. 2005, 26, 2081-2088. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014296120400506X>
DOI: 10.1016/j.biomaterials.2004.05.030

RAJORIYA, Sunil. Hydrodynamic cavitation: an advanced oxidation process for the degradation of bio-refractory pollutants. *Revista Revisiones en Ingeniería Química* [en línea]. Enero 2016, 32(4). [Fecha de consulta: 8 de junio de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/299444672_Hydrodynamic_cavitation_An_advanced_oxidation_process_for_the_degradation_of_bio-refractory_pollutants
DOI 10.1515/revce-2015-0075

Rajoriya, Sunil et al. Treatment of textile dyeing industry effluent using hydrodynamic cavitation in combination with advanced oxidation reagents. *Revista de Materiales Peligrosos* [en línea]. Febrero 2018, 344, 1109-1115. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389417308889>
DOI: 10.1016/j.jhazmat.2017.12.005

RAMOS, Raudel, SEPÚLVEDA, Rubén y VILLALOBOS, Francisco. El agua en el medio ambiente: Muestreo y análisis [en línea]. México: Plaza y Valdés, 2003. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=b8l-xhcHPEYC&oi=fnd&pg=PA11&dq=definicion+de+ph+del+agua&ots=Tur0PF3CBj&s>

[ig=zF3cBDLgQ8LOFOlkFhAWoDVuSRs#v=onepage&q=definicion%20de%20ph%20del%20agua&f=false](https://www.researchgate.net/publication/328078969_Comparing_geometric_parameters_in_treatment_of_pesticide_effluent_with_hydrodynamic_cavitation_process)

ISBN: 970-722-141-0

RANDHAVANE, Shrikant. Comparing geometric parameters in treatment of pesticide effluent with hydrodynamic cavitation process. *Revista Environmental Engineering Research* [en línea]. Octubre 2018, 24(2). [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2019].

Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/328078969_Comparing_geometric_parameters_in_treatment_of_pesticide_effluent_with_hydrodynamic_cavitation_process

DOI: 10.4491/eer.2018.227

RAOTA, Camila et al. Green synthesis of silver nanoparticles using an extract of Ives cultivar (*Vitis labrusca*) pomace: Characterization and application in wastewater disinfection. *Revista de Ingeniería Química Ambiental* [en línea]. Octubre 2019, 7(5).

[Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019]. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343719305068>

DOI: 10.1016/j.jece.2019.103383

RAUT-JADHAV, Sunita et al. Treatment of the pesticide industry effluent using hydrodynamic cavitation and its combination with process intensifying additives (H₂O₂ and Ozone). *Revista de Ingeniería Química* [en línea]. Julio 2016, 295, 326-335. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894716302492>

DOI: 10.1016/j.cej.2016.03.019

RODRIGUEZ, Juan, GARCÍA, César y PARDO, Janneth. Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista Tecnura* [en línea]. Octubre – diciembre 2015, 19(46),149-164. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019].

Disponible en <http://www.redalyc.org/html/2570/257042318013/>

ISSN 0123-921X

ROJAS, Juan, PALACIOS, Olga y RONCEROS, Sergio. Efecto del aceite esencial de *aloesia triphylla britton* (cedrón) sobre el *trypanosoma cruzi* en ratones. *Revista peruana*

de medicina experimental y salud pública [en línea]. Marzo 2012, 29(1), 61-68. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/317475865_Efecto_del_aceite_esencial_de_Aloysia_triphylla_britton_cedron_sobre_el_Trypanosoma_cruzi_en_ratones
DOI: 10.17843/rpmesp.2012.291.309

RUS, Alexandru, LEORDEAN, Vasile y BERCE, Petru. Silver Nanoparticles (AgNP) impregnated filters in drinking water disinfection. Revista MATEC: Web de conferencias [en línea]. Enero 2017, 137(6). [Fecha de consulta: 09 de abril de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/321221882_Silver_Nanoparticles_AgNP_impregnated_filters_in_drinking_water_disinfection
DOI: 10.1051/matecconf/201713707007

SALGUERO, Marcelo y PILAQUINGA, Fernanda. Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata preparadas con extracto acuoso de cilantro (*Coriandrum sativum*) y recubiertas con látex de sangre de grado (*Croton Lechleri*). Revista Info analítica [en línea]. 2017, 5(1), 9-23. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019]. Disponible en <http://infoanalitica-puce.edu.ec/index.php/infoanalitica/article/view/56>

SANGAPPA, Y. et al. Synthesis of anisotropic silver nanoparticles using silk fibroin: characterization and antimicrobial properties. Revista Materials Research Innovations [en línea]. Octubre 2017, 79-85. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14328917.2017.1383680?journalCode=yMRI20>
ISSN: 1432-8917

SAXENA, Shivendu et al. An advanced pretreatment strategy involving hydrodynamic and acoustic cavitation along with alum coagulation for the mineralization and biodegradability enhancement of tannery waste effluent. Revista Ultrasonics Sonochemistry [en línea]. Junio 2018, 44, 299-309. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350417718302761>
DOI: 10.1016/j.ultsonch.2018.02.035

SAXENA, Shivendu, SAHARAN, Virendra y GEORGE, Suja. Enhanced synergistic degradation efficiency using hybrid hydrodynamic cavitation for treatment of tannery waste effluent. *Revista Journal of Cleaner Production* [en línea]. Octubre 2018, 198, 1406-1421. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618321206>
DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.135

SILVA, Gabriel. Introduction to Nanotechnology and Its Applications to Medicine. *Revista de Neurología Quirúrgica* [en línea]. Marzo 2004, 61(3), 216-220. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0090301903007857>
DOI: 10.1016/j.surneu.2003.09.036

SOLÍS, Yuliana, ZÚÑIGA, Luis y MORA, Darner. La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea]. Enero-marzo 2018, 31(1), 35-46. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>
DOI: 10.18845/tm.v31i1.3495

SURYAWANSHI, Pravin et al. Solvent Degradation Studies Using Hydrodynamic Cavitation. *Revista Progreso Ambiental y Energía Sostenible* [en línea]. Enero 2018, 37(1), 295-304. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/318153482_Solvent_degradation_studies_using_hydrodynamic_cavitation
DOI: 10.1002/ep.12674

SYLVESTRE, Jean et al. Surface Chemistry of Gold Nanoparticles Produced by Laser Ablation in Aqueous Media. *Revista de Fisicoquímica: B* [en línea]. Octubre 2004, 108(43), 16864-16869. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Disponible en <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jp047134%2B>
DOI: 10.1021/jp047134+

TAO, Yuequn et al. Application of Hydrodynamic Cavitation to Wastewater Treatment. Revista de Ingeniería Química y Tecnología [en línea]. Abril 2016, 39(8), 1363-1376. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ceat.201500362>
DOI: 10.1002/ceat.201500362

THAMILSELVI, V. y RADHA, K. Silver Nanoparticle loaded corncob adsorbent for effluent treatment. Revista de Ingeniería Química Ambiental [en línea]. Abril 2017, 5(2), 1843-1854. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343717301124>
DOI: 10.1016/j.jece.2017.03.020

THANEKAR, Pooja y GOGATE, Parag. Application of Hydrodynamic Cavitation Reactors for Treatment of Wastewater Containing Organic Pollutants: Intensification Using Hybrid Approaches. Revista Fluids [en línea]. Noviembre 2018, 3(4). [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.mdpi.com/2311-5521/3/4/98/html>
DOI: 10.3390/fluids3040098

TORRES, Patricia, CRUZ, Camilo y PATIÑO, Paola. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. una revisión crítica. Revista Ingenierías Universidad de Medellín [en línea]. Julio-diciembre, 2009, 8(15). 79-94. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

TUTOR, Joaquín. Divulgación y formación en nanotecnología: un puente hacia la bioética. Revista Escritos [en línea]. Julio-diciembre 2016, 24(53), 483-506. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/esupb/v24n53/v24n53a13.pdf>
ISSN 0120-1263

UDDIN, Imran et al. Synthesis of silver nanoparticles using Matricaria recutita (Babunah) plant extract and its study as mercury ions sensor. Revista de Investigación de detección y biodetección [en línea]. Noviembre 2017, 16, 62-67. [Fecha de consulta: 12 de octubre

de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214180417301411>

DOI: 10.1016/j.sbsr.2017.11.005

VIDALES, Amelia, LEOS, Marina y CAMPOS, María. Extracción de Grasas y Aceites en los Efluentes de una Industria Automotriz. Revista Conciencia Tecnológica [en línea]. Julio-diciembre 2010, 40, 29-34. [Fecha de consulta: 11 de junio de 2019]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94415759007>

VITENKO, Tatiana, DROŹDZIEL, Paweł y RUDAWSKA, Anna. Using hydronynamic cavitation device in the industry. Revista Advances in Science and Technology [en línea]. Setiembre 2018, 12(3), 158-167. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/329201821_USING_HYDRODYNAMIC_CAVITATION_DEVICE_IN_THE_INDUSTRY

DOI: 10.12913/22998624/94944

WANG, Hui et al. Silver nanoparticles: A novel antibacterial agent for control of Cronobacter sakazakii. Revista Journal of Dairy Science [en línea]. Diciembre 2018, 101(12), 10775-10791. [Fecha de consulta: 09 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030218309639>

DOI: 10.3168/jds.2018-15258

ZHANG, Fan et al. Effective water disinfection using magnetic barium phosphate nanoflakes loaded with Ag nanoparticles. Revista Journal of Cleaner Production [en línea]. 2019, 173-182. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619302240>

DOI 10.1016/j.jclepro.2019.01.232

ZHANG, Wei. Nanoscale iron particles for environmental remediation: An overview. Revista de Investigación de Partículas [en línea]. Agosto 2003, 5(3-4), 323-332. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2019]. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1025520116015>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES/ ESCALA
Problema General: ¿Las tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata mejorarán la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019?	Objetivo General: Evaluar el nivel de mejora de las tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019.	Hipótesis General: La tecnología de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata presentan mejoras a la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019.	Variable Independiente: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata	La cavitación consiste en un proceso físico por el cual se forman cavidades o burbujas por diferencia de presiones en los fluidos (LIU ET AL., 2018, p. 18) y; las nanopartículas de plata son partículas microscópicas suspendidas en líquido, a través de un estímulo eléctrico positivo, o bien, de forma pura, la plata se encuentra suspendida en agua desionizada; su tamaño oscila entre 1 nm y 100 nm. (COUTIÑO, ÁVILA Y ARROYO, 2017, p. 40).	Las tecnologías serán medidas a través de dos dimensiones que son las nanopartículas de plata y la cavitación hidrodinámica.	Cavitación Hidrodinámica	Condiciones de Operación:	
							Tiempo	min
							Presión	bar
							Temperatura	°C
							Eficiencia:	
							Tiempo	min
							Propiedades físicas:	
							Tamaño	nm
Problemas Específicos: Problema específico 1: ¿En qué nivel mejora la tecnología de cavitación hidrodinámica a la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019?	Objetivos Específicos: Objetivo específico 1: Determinar el nivel de mejora de la tecnología de cavitación hidrodinámica para la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019.	Hipótesis Específicas: Hipótesis específica 1: La tecnología de cavitación hidrodinámica si presenta mejora para la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019.				Nanopartículas de plata	Dispersión	-
							Condiciones de Operación:	
							Tiempo	min
							Revoluciones por minuto	rpm
							Temperatura	°C
							pH	Unidad de pH
							Eficiencia:	
							Dosis de AgNP	mL
							Tiempo	min

Problema específico 2: ¿En qué nivel mejora la tecnología de nanopartículas de plata a la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019?	Objetivo específico 2: Determinar el nivel de mejora de la tecnología de nanopartículas de plata para la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019	Hipótesis específica 2: La tecnología de nanopartículas de plata si presenta mejora para la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019.	Variable Dependiente: Mejora de la calidad de aguas residuales industriales	Se relaciona con la ausencia de contaminantes peligrosos que afectan la salud y depende del uso que se le otorgue al agua contextualizándose de acuerdo a sus parámetros físicos, químicos o microbiológicos (OMS, 2008)	La mejora de la calidad de aguas residuales industriales serán medidas a través de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua.	Parámetros físico - químicos	Temperatura	°C
							Conductividad Eléctrica	uS/cm
							Sólidos suspendidos totales	mg/L
							pH	Unidad de pH
							DBO	mg/L
							DQO	mg/L
							Aceites y Grasas	mg/L
						Parámetros microbiológicos	Escherichia coli	NMP/100 mL

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Instrumentos

[illegible]

FECHA:

FIRMA:

ELMER DOMÍNGUEZ BENITES ALFARO
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CP N° 71880

Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355

JOSUE LOPEZ JIMENEZ NAKAYO
CIP 43444

Carlos H. Ochoa Rodríguez
INGENIERO QUÍMICO
C. I. P. 37913

Anexo 3. Validación de Instrumentos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO SORGE LEONARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: FICHA N°1: HOJA DE CADENA DE CUSTODIA
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: TAFUR RIVERA LORENA
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

94 %

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

OP. 43444
 DNI No. 01 06653 Telf.: 952 00 5 015

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN CÉSAR EDUARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE TC - UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA N°1: FOTOGRAFÍA DE CADENA DE CUSTODIA
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

SI
 —

93 %



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP.....
 DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:..... BENITES ALFARO ELMER GONZALES
 1.2. Cargo e institución donde labora:..... DOCENTE TC - UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación:.....
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:..... FICHA N°1: HOJA DE CADENA DE CUSTODIA
 1.5. Autor(A) de Instrumento:..... TAPUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima,..... del 2019

ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN
 FIRMA DEL EXPERTO EVALUADOR
 CIP 80001 P.N. 71998
 DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ALFARO RODRIGUEZ CARLOS HUMBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: FICHA N° 1: HOJA DE CADENA DE CUSTODIA
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: TAFUR RIVERA LORENA
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO EN INSTRUMENTOS
 CIP C. I. P. 37813

DNI No. Telf:

17998903 992049773

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA N° 2: SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE AGUP
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

92 %

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 43444

DNI No. 0106653 Telf.: 72005015

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN CÉSAR EDUARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE T.C - UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA N°2 : SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE ANP
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

SI
—

93.5 %



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP.....

DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO ELMER GONZALES
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHANº 2: SINTESIS Y CARACTERIZACIÓN DCAGNP
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP

DNI No.

ELMER GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ALFARO RODRIGUEZ CARLOS HUMBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA Nº 2: SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE AGNP
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAPUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 2019


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
INGENIERO QUÍMICO
 CIP..... C. I. P. 37913
 DNI No..... Telf.....
 17998903 992049773

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: SAVE NARAYO JORGE LEONARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA N°3: CARACTERIZACIÓN DE LA CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAJER RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

94 %

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 93489
 DNI No. 9106653 Telf. 99200011

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN CÉSAR EDUARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE TC. UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA N°3: CARACTERIZACIÓN DE LA CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

SI
-

93.5 %



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP.....

DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: BENITEZ ALFARO ELMER GONZALEZ
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: PLAN DE CARACTERIZACIÓN DE LA CAPITALIZACIÓN MICROEMPRESA
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP
DNI No.

ELMER GONZALEZ BENITEZ ALFARO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71996

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ALFARO RODRIGUEZ CARLOS HUMBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA N°3: CARACTERIZACIÓN DE LA CAPTACIÓN HIDRODINÁMICA
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA URENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INSTRUMENTAL
 INGENIERO QUÍMICO

CIP: C.I.P. 37913

DNI No. Tel:

17998963 992049773

Scanned with

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: FICHA N°4 : REGISTRO DE RESULTADOS
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: TAFUR RIVERA LORENA
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

92 %

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP 83444

DNI No. 0106603 Telf: 792005015

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN CÉSAR EDUARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE TC - UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO DE RESULTADOS
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

SI
—

89 %



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355

Lima, del 201

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
CIP.....
DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO ELMER GONZALES
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE T.C - UCV
 1.3. Especialidad o línea de investigación: FICHA N°4 : REGISTRO DE RESULTADOS
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: TAPUR RIVERA LORENA
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAPUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

94.5 %

Lima, del 2019

FIRMA DEL EXPEDIENTE INFORMANTE

CH. N° 71998

DNI No.

Tel.:

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ALFARO RODRIGUEZ CARLOS HUMBERTO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - UCV - CONDO NORTE
 1.3. Especialidad o línea de investigación:
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA N° 4 : REGISTRO DE RESULTADOS
 1.5. Autor(A) de Instrumento: TAFUR RIVERA LORENA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, del 201

FIRMA DEL EXPERTO EN FORMACIÓN

CIP. INGENIERO QUÍMICO

DNI No. 17998963 Telf. 992049713

Anexo 4. Registro fotográfico de los análisis físico-químicos y microbiológicos



Temperatura



pH



Conductividad eléctrica



Sólidos suspendidos totales



Demanda bioquímica de oxígeno



Demanda química de oxígeno



Aceites y Grasas



Escherichia coli

Anexo 5. Resultados de análisis de caracterización inicial de la muestra


[illegible]

Anexo 6. Resultados de análisis de aplicación de la tecnología de cavitación hidrodinámica

REGISTRO DE RESULTADOS N°1															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafurr@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (µS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DIOD(mg/L)	DQO(mg/L)	Acetico y Grasa(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
1	C01-R1	09/10/2019	15												
1	C01-R2	09/10/2019	15												
1	C01-R3	09/10/2019	15												
1	C01-R1	09/10/2019	15				23								
1	C01-R2	09/10/2019	15				23.5								
1	C01-R3	09/10/2019	15				23.8								
1	C01-R1	09/10/2019	15					5500							
1	C01-R2	09/10/2019	15					5507							
1	C01-R3	09/10/2019	15					5509							
1	C01-R1	09/10/2019	15						275						
1	C01-R2	09/10/2019	15						273						
1	C01-R3	09/10/2019	15						275						
1	C01-R1	09/10/2019	15							346					
1	C01-R2	09/10/2019	15							348					
1	C01-R3	09/10/2019	15							346					
1	C01-R1	09/10/2019	15								615				
1	C01-R2	09/10/2019	15								611				
1	C01-R3	09/10/2019	15								615				
1	C01-R1	09/10/2019	15									31.1			
1	C01-R2	09/10/2019	15									33.3			
1	C01-R3	09/10/2019	15									36.2			
1	C01-R1	09/10/2019	15										3200		
1	C01-R2	09/10/2019	15										3000		
1	C01-R3	09/10/2019	15										2900		

OBSERVACIONES ADICIONALES:

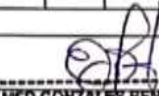
FECHA:

FIRMA:  ELMER GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71995

REGISTRO DE RESULTADOS N°2															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química y Biotecnología- UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafur@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (uS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acetatos y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
2	C02-R1	09/10/2019	30												
2	C02-R2	09/10/2019	30												
2	C02-R3	09/10/2019	30												
2	C02-R1	09/10/2019	30				28.5								
2	C02-R2	09/10/2019	30				28.5								
2	C02-R3	09/10/2019	30				28.6								
2	C02-R1	09/10/2019	30					5520							
2	C02-R2	09/10/2019	30					5522							
2	C02-R3	09/10/2019	30					5522							
2	C02-R1	09/10/2019	30						275						
2	C02-R2	09/10/2019	30						277						
2	C02-R3	09/10/2019	30						275						
2	C02-R1	09/10/2019	30							348					
2	C02-R2	09/10/2019	30							348					
2	C02-R3	09/10/2019	30							342					
2	C02-R1	09/10/2019	30								617				
2	C02-R2	09/10/2019	30								610				
2	C02-R3	09/10/2019	30								617				
2	C02-R1	09/10/2019	30									34.6			
2	C02-R2	09/10/2019	30									33.8			
2	C02-R3	09/10/2019	30									35.5			
2	C02-R1	09/10/2019	30										2600		
2	C02-R2	09/10/2019	30										2700		
2	C02-R3	09/10/2019	30										2400		

OBSERVACIONES ADICIONALES:

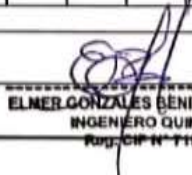
FECHA: _____ FIRMA: _____


 ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CP N° 71998

REGISTRO DE RESULTADOS N°3																
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019																
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO										
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV										
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN										
CORREO: lorenatafur@gmail.com						TELÉFONO										
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES	
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (uS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acidos y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)			
3	C03-R1	09/10/2019	45							11.93						
3	C03-R2	09/10/2019	45							11.92						
3	C03-R3	09/10/2019	45							11.92						
3	C03-R1	09/10/2019	45				32.9									
3	C03-R2	09/10/2019	45				32.9									
3	C03-R3	09/10/2019	45				32.9									
3	C03-R1	09/10/2019	45					5510								
3	C03-R2	09/10/2019	45					5510								
3	C03-R3	09/10/2019	45					5512								
3	C03-R1	09/10/2019	45						279							
3	C03-R2	09/10/2019	45						279							
3	C03-R3	09/10/2019	45						282							
3	C03-R1	09/10/2019	45								353					
3	C03-R2	09/10/2019	45								356					
3	C03-R3	09/10/2019	45								351					
3	C03-R1	09/10/2019	45									639				
3	C03-R2	09/10/2019	45									636				
3	C03-R3	09/10/2019	45									639				
3	C03-R1	09/10/2019	45										36.1			
3	C03-R2	09/10/2019	45										36.8			
3	C03-R3	09/10/2019	45										36.3			
3	C03-R1	09/10/2019	45											1900		
3	C03-R2	09/10/2019	45											1700		
3	C03-R3	09/10/2019	45											1600		

OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA:

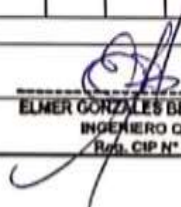
FIRMA: 

ELMER GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71990

REGISTRO DE RESULTADOS N°4															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafurr@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (uS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acidez y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
4	C04-R1	09/10/2019	60							11.86					
4	C04-R2	09/10/2019	60							11.86					
4	C04-R3	09/10/2019	60							11.86					
4	C04-R1	09/10/2019	60				37.5								
4	C04-R2	09/10/2019	60				37.5								
4	C04-R3	09/10/2019	60				37.5								
4	C04-R1	09/10/2019	60					5390							
4	C04-R2	09/10/2019	60					5391							
4	C04-R3	09/10/2019	60					5390							
4	C04-R1	09/10/2019	60						259						
4	C04-R2	09/10/2019	60						262						
4	C04-R3	09/10/2019	60						262						
4	C04-R1	09/10/2019	60							341					
4	C04-R2	09/10/2019	60							341					
4	C04-R3	09/10/2019	60							345					
4	C04-R1	09/10/2019	60								628				
4	C04-R2	09/10/2019	60								626				
4	C04-R3	09/10/2019	60								629				
4	C04-R1	09/10/2019	60									34.8			
4	C04-R2	09/10/2019	60									34.5			
4	C04-R3	09/10/2019	60									36.1			
4	C04-R1	09/10/2019	60										1500		
4	C04-R2	09/10/2019	60										1400		
4	C04-R3	09/10/2019	60										1200		

OBSERVACIONES ADICIONALES:

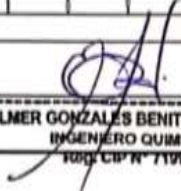
FECHA:

FIRMA: 

ELMER GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUIMICO
R.O.U. CIP N° 71929

REGISTRO DE RESULTADOS N°5															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafur@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (µS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Aceites y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
5	C05-R1	09/10/2019	75							11.76					
5	C05-R2	09/10/2019	75							11.76					
5	C05-R3	09/10/2019	75							11.76					
5	C05-R1	09/10/2019	75				40.9								
5	C05-R2	09/10/2019	75				40.9								
5	C05-R3	09/10/2019	75				40.9								
5	C05-R1	09/10/2019	75					5300							
5	C05-R2	09/10/2019	75					5305							
5	C05-R3	09/10/2019	75					5303							
5	C05-R1	09/10/2019	75						242						
5	C05-R2	09/10/2019	75						242						
5	C05-R3	09/10/2019	75						239						
5	C05-R1	09/10/2019	75							337					
5	C05-R2	09/10/2019	75							339					
5	C05-R3	09/10/2019	75							336					
5	C05-R1	09/10/2019	75							621					
5	C05-R2	09/10/2019	75							617					
5	C05-R3	09/10/2019	75							622					
5	C05-R1	09/10/2019	75								34.9				
5	C05-R2	09/10/2019	75								34.7				
5	C05-R3	09/10/2019	75								34.7				
5	C05-R1	09/10/2019	75									1000			
5	C05-R2	09/10/2019	75									1100			
5	C05-R3	09/10/2019	75									1000			


OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA: _____ FIRMA:  **ELMER GONZALES BENITES ALFARO**
INGENIERO QUIMICO
RUC: 10810171998

REGISTRO DE RESULTADOS N°6															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafurr@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (uS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acidos y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
6	C06-R1	09/10/2019	90							11.62					
6	C06-R2	09/10/2019	90							11.62					
6	C06-R3	09/10/2019	90							11.62					
6	C06-R1	09/10/2019	90				44								
6	C06-R2	09/10/2019	90				44								
6	C06-R3	09/10/2019	90				44								
6	C06-R1	09/10/2019	90					5290							
6	C06-R2	09/10/2019	90					5293							
6	C06-R3	09/10/2019	90					5297							
6	C06-R1	09/10/2019	90						242						
6	C06-R2	09/10/2019	90						243						
6	C06-R3	09/10/2019	90						245						
6	C06-R1	09/10/2019	90								341				
6	C06-R2	09/10/2019	90								343				
6	C06-R3	09/10/2019	90								341				
6	C06-R1	09/10/2019	90									626			
6	C06-R2	09/10/2019	90									625			
6	C06-R3	09/10/2019	90									622			
6	C06-R1	09/10/2019	90										27.2		
6	C06-R2	09/10/2019	90										29.6		
6	C06-R3	09/10/2019	90										29.4		
6	C06-R1	09/10/2019	90											900	
6	C06-R2	09/10/2019	90											700	
6	C06-R3	09/10/2019	90											900	

OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA:

FIRMA: 
ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71995

REGISTRO DE RESULTADOS N°7															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafurr@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (uS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acidez y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
7	C07-R1	09/10/2019	105						11.49						
7	C07-R2	09/10/2019	105						11.49						
7	C07-R3	09/10/2019	105						11.49						
7	C07-R1	09/10/2019	105				46.1								
7	C07-R2	09/10/2019	105				46.1								
7	C07-R3	09/10/2019	105				46.1								
7	C07-R1	09/10/2019	105					5340							
7	C07-R2	09/10/2019	105					5340							
7	C07-R3	09/10/2019	105					5338							
7	C07-R1	09/10/2019	105						231						
7	C07-R2	09/10/2019	105						233						
7	C07-R3	09/10/2019	105						229						
7	C07-R1	09/10/2019	105							354					
7	C07-R2	09/10/2019	105							352					
7	C07-R3	09/10/2019	105							355					
7	C07-R1	09/10/2019	105								614				
7	C07-R2	09/10/2019	105								612				
7	C07-R3	09/10/2019	105								617				
7	C07-R1	09/10/2019	105									23.1			
7	C07-R2	09/10/2019	105									23.5			
7	C07-R3	09/10/2019	105									23.8			
7	C07-R1	09/10/2019	105										500		
7	C07-R2	09/10/2019	105										400		
7	C07-R3	09/10/2019	105										400		

OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA:

FIRMA:

ELMER GONZALES DENITES ALFARO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71998

REGISTRO DE RESULTADOS N°8															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafurr@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (µS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acrúes y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
8	C08-R1	09/10/2019	120							11.46					
8	C08-R2	09/10/2019	120							11.46					
8	C08-R3	09/10/2019	120							11.46					
8	C08-R1	09/10/2019	120				48								
8	C08-R2	09/10/2019	120				48								
8	C08-R3	09/10/2019	120				48								
8	C08-R1	09/10/2019	120					5300							
8	C08-R2	09/10/2019	120					5306							
8	C08-R3	09/10/2019	120					5309							
8	C08-R1	09/10/2019	120						216						
8	C08-R2	09/10/2019	120						212						
8	C08-R3	09/10/2019	120						217						
8	C08-R1	09/10/2019	120								332				
8	C08-R2	09/10/2019	120								334				
8	C08-R3	09/10/2019	120								330				
8	C08-R1	09/10/2019	120									593			
8	C08-R2	09/10/2019	120									597			
8	C08-R3	09/10/2019	120									593			
8	C08-R1	09/10/2019	120										17.1		
8	C08-R2	09/10/2019	120										17.8		
8	C08-R3	09/10/2019	120										17.1		
8	C08-R1	09/10/2019	120											200	
8	C08-R2	09/10/2019	120											230	
8	C08-R3	09/10/2019	120											210	

OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA:

FIRMA:


ELMER GONZÁLES BENITES ALFARO
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 71998

Anexo 7. Resultados de análisis de aplicación de la tecnología de nanopartículas de plata

REGISTRO DE RESULTADOS N°9															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafur@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	CE (µS/cm)	SST (mg/L)	pH (Unidad de pH)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Acidez y Gasol (mg/L)	Escherichia Coli (NMP/100 mL)		
9	N1-30-1	12/11/2019		1	30				8.20						
9	N1-30-2	12/11/2019		1	30				8.10						
9	N1-30-3	12/11/2019		1	30				8.20						
9	N1-30-1	12/11/2019		1	30	20.4									
9	N1-30-2	12/11/2019		1	30	20.3									
9	N1-30-3	12/11/2019		1	30	20.5									
9	N1-30-1	12/11/2019		1	30		1028								
9	N1-30-2	12/11/2019		1	30		1022								
9	N1-30-3	12/11/2019		1	30		1022								
9	N1-30-1	12/11/2019		1	30			74.46							
9	N1-30-2	12/11/2019		1	30			74.51							
9	N1-30-3	12/11/2019		1	30			74.55							
9	N1-30-1	12/11/2019		1	30				81.12						
9	N1-30-2	12/11/2019		1	30				81.17						
9	N1-30-3	12/11/2019		1	30				81.09						
9	N1-30-1	12/11/2019		1	30					157					
9	N1-30-2	12/11/2019		1	30					153					
9	N1-30-3	12/11/2019		1	30					157					
9	N1-30-1	12/11/2019		1	30						39.82				
9	N1-30-2	12/11/2019		1	30						43.17				
9	N1-30-3	12/11/2019		1	30						43.26				
9	N1-30-1	12/11/2019		1	30							0			
9	N1-30-2	12/11/2019		1	30							0			
9	N1-30-3	12/11/2019		1	30							0			

OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA:


FIRMA: 

ELMER GONZALES BENITES ALTAMIRANO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71920

REGISTRO DE RESULTADOS N°10															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafur@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (µS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acúenos y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
10	N10-30-1	12/11/2019		10	30				7.90						
10	N10-30-2	12/11/2019		10	30				7.90						
10	N10-30-3	12/11/2019		10	30				8.00						
10	N10-30-1	12/11/2019		10	30	20.1									
10	N10-30-2	12/11/2019		10	30	19.9									
10	N10-30-3	12/11/2019		10	30	20									
10	N10-30-1	12/11/2019		10	30		1112								
10	N10-30-2	12/11/2019		10	30		1120								
10	N10-30-3	12/11/2019		10	30		1014								
10	N10-30-1	12/11/2019		10	30			68.52							
10	N10-30-2	12/11/2019		10	30			68.57							
10	N10-30-3	12/11/2019		10	30			68.61							
10	N10-30-1	12/11/2019		10	30					76.17					
10	N10-30-2	12/11/2019		10	30					76.25					
10	N10-30-3	12/11/2019		10	30					76.24					
10	N10-30-1	12/11/2019		10	30						142				
10	N10-30-2	12/11/2019		10	30						146				
10	N10-30-3	12/11/2019		10	30						140				
10	N10-30-1	12/11/2019		10	30							37.05			
10	N10-30-2	12/11/2019		10	30							37.12			
10	N10-30-3	12/11/2019		10	30							37.18			
10	N10-30-1	12/11/2019		10	30								0		
10	N10-30-2	12/11/2019		10	30								0		
10	N10-30-3	12/11/2019		10	30								0		

OBSERVACIONES ADICIONALES:

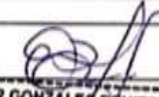
FECHA: _____ FIRMA: _____


ELMER GONZALES BENITES ALFARÓ
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 71993

REGISTRO DE RESULTADOS N°11															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafur@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (µS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acidos y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
11	N20-30-1	12/11/2019		20	30				8.00						
11	N20-30-2	12/11/2019		20	30				8.00						
11	N20-30-3	12/11/2019		20	30				7.90						
11	N20-30-1	12/11/2019		20	30	19.6									
11	N20-30-2	12/11/2019		20	30	19.5									
11	N20-30-3	12/11/2019		20	30	19.4									
11	N20-30-1	12/11/2019		20	30		1075								
11	N20-30-2	12/11/2019		20	30		1078								
11	N20-30-3	12/11/2019		20	30		1058								
11	N20-30-1	12/11/2019		20	30			68.35							
11	N20-30-2	12/11/2019		20	30			68.39							
11	N20-30-3	12/11/2019		20	30			68.44							
11	N20-30-1	12/11/2019		20	30				75.21						
11	N20-30-2	12/11/2019		20	30				75.27						
11	N20-30-3	12/11/2019		20	30				75.38						
11	N20-30-1	12/11/2019		20	30					138					
11	N20-30-2	12/11/2019		20	30					134					
11	N20-30-3	12/11/2019		20	30					137					
11	N20-30-1	12/11/2019		20	30						37.04				
11	N20-30-2	12/11/2019		20	30						37.11				
11	N20-30-3	12/11/2019		20	30						37.06				
11	N20-30-1	12/11/2019		20	30							0			
11	N20-30-2	12/11/2019		20	30							0			
11	N20-30-3	12/11/2019		20	30							0			

OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA:

FIRMA: 
ELMER GONZALEZ BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71998

REGISTRO DE RESULTADOS N°12															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafurr@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	CLE (uS/cm)	SST (mg/L)	pH (Unidad de pH)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Acidez y Grasas (mg/L)	Escherichia Coli (NMP/100 mL)		
12	N1-60-1	12/11/2019		1	60				8.20						
12	N1-60-2	12/11/2019		1	60				8.10						
12	N1-60-3	12/11/2019		1	60				8.30						
12	N1-60-1	12/11/2019		1	60	21.5									
12	N1-60-2	12/11/2019		1	60	21.7									
12	N1-60-3	12/11/2019		1	60	21.8									
12	N1-60-1	12/11/2019		1	60		1034								
12	N1-60-2	12/11/2019		1	60		1039								
12	N1-60-3	12/11/2019		1	60		1061								
12	N1-60-1	12/11/2019		1	60			61.71							
12	N1-60-2	12/11/2019		1	60			63.58							
12	N1-60-3	12/11/2019		1	60			60.03							
12	N1-60-1	12/11/2019		1	60				70.68						
12	N1-60-2	12/11/2019		1	60				70.96						
12	N1-60-3	12/11/2019		1	60				71.17						
12	N1-60-1	12/11/2019		1	60					128					
12	N1-60-2	12/11/2019		1	60					129					
12	N1-60-3	12/11/2019		1	60					134					
12	N1-60-1	12/11/2019		1	60						35.07				
12	N1-60-2	12/11/2019		1	60						35.03				
12	N1-60-3	12/11/2019		1	60						35.49				
12	N1-60-1	12/11/2019		1	60							0			
12	N1-60-2	12/11/2019		1	60							0			
12	N1-60-3	12/11/2019		1	60							0			

OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA:

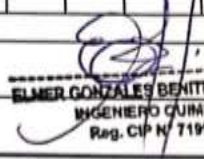
FIRMA:

ELMER GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CAP N° 71998

REGISTRO DE RESULTADOS N°13															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafurr@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (uS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acidez y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
13	N10-60-1	12/11/2019		10	60				7.90						
13	N10-60-2	12/11/2019		10	60				8.00						
13	N10-60-3	12/11/2019		10	60				8.00						
13	N10-60-1	12/11/2019		10	60	21.9									
13	N10-60-2	12/11/2019		10	60	21.7									
13	N10-60-3	12/11/2019		10	60	21.7									
13	N10-60-1	12/11/2019		10	60		1184								
13	N10-60-2	12/11/2019		10	60		1197								
13	N10-60-3	12/11/2019		10	60		11.8								
13	N10-60-1	12/11/2019		10	60			60.22							
13	N10-60-2	12/11/2019		10	60			60.15							
13	N10-60-3	12/11/2019		10	60			61.11							
13	N10-60-1	12/11/2019		10	60				70.53						
13	N10-60-2	12/11/2019		10	60				70.08						
13	N10-60-3	12/11/2019		10	60				68.12						
13	N10-60-1	12/11/2019		10	60					128.09					
13	N10-60-2	12/11/2019		10	60					128.02					
13	N10-60-3	12/11/2019		10	60					129.04					
13	N10-60-1	12/11/2019		10	60						33.62				
13	N10-60-2	12/11/2019		10	60						33.53				
13	N10-60-3	12/11/2019		10	60						34.07				
13	N10-60-1	12/11/2019		10	60							0			
13	N10-60-2	12/11/2019		10	60							0			
13	N10-60-3	12/11/2019		10	60							0			

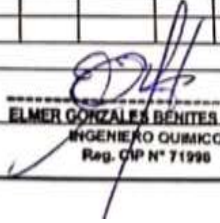
OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA:

FIRMA:  ELMER GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 71998

REGISTRO DE RESULTADOS N°14															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafurr@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	CE (uS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acid y Grass(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
14	N20-60-1	12/11/2019		20	60				8.00						
14	N20-60-2	12/11/2019		20	60				8.10						
14	N20-60-3	12/11/2019		20	60				8.10						
14	N20-60-1	12/11/2019		20	60	21.9									
14	N20-60-2	12/11/2019		20	60	22									
14	N20-60-3	12/11/2019		20	60	22.1									
14	N20-60-1	12/11/2019		20	60		1157								
14	N20-60-2	12/11/2019		20	60		1162								
14	N20-60-3	12/11/2019		20	60		1165								
14	N20-60-1	12/11/2019		20	60			58.39							
14	N20-60-2	12/11/2019		20	60			58.34							
14	N20-60-3	12/11/2019		20	60			59.13							
14	N20-60-1	12/11/2019		20	60				72.28						
14	N20-60-2	12/11/2019		20	60				72.31						
14	N20-60-3	12/11/2019		20	60				70.09						
14	N20-60-1	12/11/2019		20	60					131.00					
14	N20-60-2	12/11/2019		20	60					135.00					
14	N20-60-3	12/11/2019		20	60					131.00					
14	N20-60-1	12/11/2019		20	60						33.17				
14	N20-60-2	12/11/2019		20	60						33.26				
14	N20-60-3	12/11/2019		20	60						33.19				
14	N20-60-1	12/11/2019		20	60							0			
14	N20-60-2	12/11/2019		20	60							0			
14	N20-60-3	12/11/2019		20	60							0			

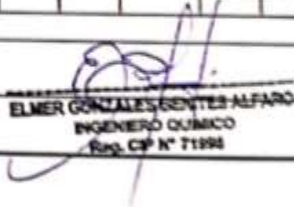
OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA: _____ FIRMA:  **ELMER GONZALEZ BENITES ALFARO**
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP N° 71990

REGISTRO DE RESULTADOS N°15															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafurr@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (µS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acetatos y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
15	N1-90-1	12/11/2019		1	90					8.30					
15	N1-90-2	12/11/2019		1	90					8.20					
15	N1-90-3	12/11/2019		1	90					8.20					
15	N1-90-1	12/11/2019		1	90	21.9									
15	N1-90-2	12/11/2019		1	90	22									
15	N1-90-3	12/11/2019		1	90	22.1									
15	N1-90-1	12/11/2019		1	90		1011								
15	N1-90-2	12/11/2019		1	90		1017								
15	N1-90-3	12/11/2019		1	90		1021								
15	N1-90-1	12/11/2019		1	90			67.04							
15	N1-90-2	12/11/2019		1	90			67.17							
15	N1-90-3	12/11/2019		1	90			67.01							
15	N1-90-1	12/11/2019		1	90				65.71						
15	N1-90-2	12/11/2019		1	90				63.86						
15	N1-90-3	12/11/2019		1	90				63.51						
15	N1-90-1	12/11/2019		1	90					143.00					
15	N1-90-2	12/11/2019		1	90					146.00					
15	N1-90-3	12/11/2019		1	90					143.00					
15	N1-90-1	12/11/2019		1	90						30.05				
15	N1-90-2	12/11/2019		1	90						30.17				
15	N1-90-3	12/11/2019		1	90						30.09				
15	N1-90-1	12/11/2019		1	90							0			
15	N1-90-2	12/11/2019		1	90							0			
15	N1-90-3	12/11/2019		1	90							0			

OBSERVACIONES ADICIONALES:

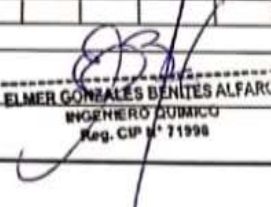
FECHA:

FIRMA: 
ELMER GONZALEZ GENTES ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 71998

REGISTRO DE RESULTADOS N°16															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafur@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (µS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acidez y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
16	N10-90-1	12/11/2019		10	90				7.90						
16	N10-90-2	12/11/2019		10	90				7.90						
16	N10-90-3	12/11/2019		10	90				7.90						
16	N10-90-1	12/11/2019		10	90	21.6									
16	N10-90-2	12/11/2019		10	90	21.5									
16	N10-90-3	12/11/2019		10	90	21.4									
16	N10-90-1	12/11/2019		10	90		1013								
16	N10-90-2	12/11/2019		10	90		1016								
16	N10-90-3	12/11/2019		10	90		1015								
16	N10-90-1	12/11/2019		10	90			67.86							
16	N10-90-2	12/11/2019		10	90			67.72							
16	N10-90-3	12/11/2019		10	90			67.40							
16	N10-90-1	12/11/2019		10	90					65.16					
16	N10-90-2	12/11/2019		10	90					65.21					
16	N10-90-3	12/11/2019		10	90					65.15					
16	N10-90-1	12/11/2019		10	90						146.85				
16	N10-90-2	12/11/2019		10	90						146.97				
16	N10-90-3	12/11/2019		10	90						145.08				
16	N10-90-1	12/11/2019		10	90							30.68			
16	N10-90-2	12/11/2019		10	90							30.72			
16	N10-90-3	12/11/2019		10	90							30.54			
16	N10-90-1	12/11/2019		10	90								0		
16	N10-90-2	12/11/2019		10	90								0		
16	N10-90-3	12/11/2019		10	90								0		

OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA:

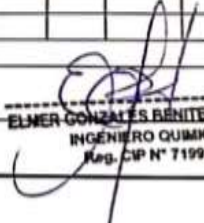
FIRMA: 

ELMER GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CUP N° 71998

REGISTRO DE RESULTADOS N°17															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafur@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS						PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES	
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (µS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acidos y Grasas(mg/L)			Escherichia Coli(NMP/100 mL)
17	N20-90-1	12/11/2019		20	90				8						
17	N20-90-2	12/11/2019		20	90				8.1						
17	N20-90-3	12/11/2019		20	90				8.1						
17	N20-90-1	12/11/2019		20	90	21.8									
17	N20-90-2	12/11/2019		20	90	21.8									
17	N20-90-3	12/11/2019		20	90	21.4									
17	N20-90-1	12/11/2019		20	90		1076								
17	N20-90-2	12/11/2019		20	90		1084								
17	N20-90-3	12/11/2019		20	90		1081								
17	N20-90-1	12/11/2019		20	90			66.07							
17	N20-90-2	12/11/2019		20	90			66.05							
17	N20-90-3	12/11/2019		20	90			66.09							
17	N20-90-1	12/11/2019		20	90				65.92						
17	N20-90-2	12/11/2019		20	90				65.95						
17	N20-90-3	12/11/2019		20	90				65.92						
17	N20-90-1	12/11/2019		20	90					145.08					
17	N20-90-2	12/11/2019		20	90					145.02					
17	N20-90-3	12/11/2019		20	90					145.09					
17	N20-90-1	12/11/2019		20	90						30.54				
17	N20-90-2	12/11/2019		20	90						30.57				
17	N20-90-3	12/11/2019		20	90						29.07				
17	N20-90-1	12/11/2019		20	90							0			
17	N20-90-2	12/11/2019		20	90							0			
17	N20-90-3	12/11/2019		20	90							0			

OBSERVACIONES ADICIONALES:


FECHA: _____ FIRMA: _____


 ELMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. CIP N° 71998

REGISTRO DE RESULTADOS N°18																
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019																
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO										
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV										
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN										
CORREO: lorenatafur@gmail.com						TELÉFONO										
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES	
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (uS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acidus y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)			
18	N1-120-1	12/11/2019		1	120				8.3							
18	N1-120-2	12/11/2019		1	120				8.2							
18	N1-120-3	12/11/2019		1	120				8.2							
18	N1-120-1	12/11/2019		1	120	21.7										
18	N1-120-2	12/11/2019		1	120	21.3										
18	N1-120-3	12/11/2019		1	120	21.9										
18	N1-120-1	12/11/2019		1	120		1274									
18	N1-120-2	12/11/2019		1	120		1272									
18	N1-120-3	12/11/2019		1	120		1283									
18	N1-120-1	12/11/2019		1	120			68.6								
18	N1-120-2	12/11/2019		1	120			68.7								
18	N1-120-3	12/11/2019		1	120			68.8								
18	N1-120-1	12/11/2019		1	120					58.3						
18	N1-120-2	12/11/2019		1	120					58.1						
18	N1-120-3	12/11/2019		1	120					57.1						
18	N1-120-1	12/11/2019		1	120						126					
18	N1-120-2	12/11/2019		1	120						127					
18	N1-120-3	12/11/2019		1	120						126					
18	N1-120-1	12/11/2019		1	120							28.1				
18	N1-120-2	12/11/2019		1	120							28.1				
18	N1-120-3	12/11/2019		1	120							28.1				
18	N1-120-1	12/11/2019		1	120								0			
18	N1-120-2	12/11/2019		1	120								0			
18	N1-120-3	12/11/2019		1	120								0			

OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA:

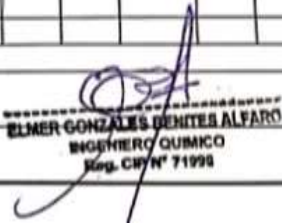
FIRMA: 

ELMER GONZALES BENITES
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CP N° 71995

REGISTRO DE RESULTADOS N°19															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafurr@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS						PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES	
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (µS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acidez y Grasas(mg/L)			Escherichia Coli(NMP/100 mL)
19	N10-120-1	12/11/2019		10	120				7.9						
19	N10-120-2	12/11/2019		10	120				8						
19	N10-120-3	12/11/2019		10	120				8						
19	N10-120-1	12/11/2019		10	120	21.7									
19	N10-120-2	12/11/2019		10	120	21.7									
19	N10-120-3	12/11/2019		10	120	21.8									
19	N10-120-1	12/11/2019		10	120		1234								
19	N10-120-2	12/11/2019		10	120		1236								
19	N10-120-3	12/11/2019		10	120		1241								
19	N10-120-1	12/11/2019		10	120			68							
19	N10-120-2	12/11/2019		10	120			68.1							
19	N10-120-3	12/11/2019		10	120			68.1							
19	N10-120-1	12/11/2019		10	120				58.5						
19	N10-120-2	12/11/2019		10	120				58.6						
19	N10-120-3	12/11/2019		10	120				58.7						
19	N10-120-1	12/11/2019		10	120					127					
19	N10-120-2	12/11/2019		10	120					127					
19	N10-120-3	12/11/2019		10	120					124					
19	N10-120-1	12/11/2019		10	120						28.2				
19	N10-120-2	12/11/2019		10	120						28.4				
19	N10-120-3	12/11/2019		10	120						28.4				
19	N10-120-1	12/11/2019		10	120							0			
19	N10-120-2	12/11/2019		10	120							0			
19	N10-120-3	12/11/2019		10	120							0			

OBSERVACIONES ADICIONALES:

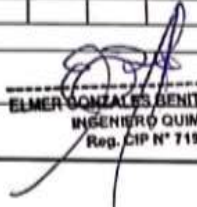
FECHA:

FIRMA: 

ELMER GONZALEZ BENITES ALFARO
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CHN° 71999

REGISTRO DE RESULTADOS N°20															
TÍTULO DEL PROYECTO: Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales industriales, Lima, 2019															
DATOS DEL RESPONSABLE: Lorena Tafur Rivera						DATOS DEL LABORATORIO									
NOMBRE: Lorena Tafur Rivera						NOMBRE: Laboratorio de Química - UCV									
TELÉFONO: 952625306						DIRECCIÓN									
CORREO: lorenatafur@gmail.com						TELÉFONO									
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA	CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA	NANOPARTÍCULAS DE PLATA		PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS							PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	EFICIENCIA (%)	OBSERVACIONES
			Tiempo (min)	Dosis de AgNP (mL)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	C.E (uS/cm)	SST(mg/L)	pH(Unidad de pH)	DBO(mg/L)	DQO(mg/L)	Acidez y Grasas(mg/L)	Escherichia Coli(NMP/100 mL)		
20	N20-120-1	12/11/2019		20	120				8.10						
20	N20-120-2	12/11/2019		20	120				8.10						
20	N20-120-3	12/11/2019		20	120				8.10						
20	N20-120-1	12/11/2019		20	120	21.70									
20	N20-120-2	12/11/2019		20	120	21.70									
20	N20-120-3	12/11/2019		20	120	21.80									
20	N20-120-1	12/11/2019		20	120		1266								
20	N20-120-2	12/11/2019		20	120		1257								
20	N20-120-3	12/11/2019		20	120		1264								
20	N20-120-1	12/11/2019		20	120			67.21							
20	N20-120-2	12/11/2019		20	120			67.19							
20	N20-120-3	12/11/2019		20	120			67.25							
20	N20-120-1	12/11/2019		20	120					59.68					
20	N20-120-2	12/11/2019		20	120					59.72					
20	N20-120-3	12/11/2019		20	120					59.64					
20	N20-120-1	12/11/2019		20	120						124				
20	N20-120-2	12/11/2019		20	120						124				
20	N20-120-3	12/11/2019		20	120						126				
20	N20-120-1	12/11/2019		20	120							28.99			
20	N20-120-2	12/11/2019		20	120							28.94			
20	N20-120-3	12/11/2019		20	120							28.60			
20	N20-120-1	12/11/2019		20	120								0		
20	N20-120-2	12/11/2019		20	120								0		
20	N20-120-3	12/11/2019		20	120								0		

OBSERVACIONES ADICIONALES:

FECHA: _____ FIRMA:  ELMER GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 71998

Anexo 8. Certificado de caracterización de nanopartículas de plata



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ciencias

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

Análisis: Determinación de tamaño partícula de plata (Ag) por DLS

Equipo: brookhaven DLS

Fecha: 21 de noviembre del 2019

1. Tratamiento previo:

- ✓ Dispersión del material, mediante sonicación, en medio acuoso.
- ✓ Lavado del material mediante centrifugado (4 veces).
- ✓ Sonicación de la dispersión coloidal recuperado.

2. Parametros usados:

Sample ID	NP Ag	
Operator ID	saie	
Notes		
Run	3	Batch # 3
Temp.	25.0 deg. C	Run Duration:
Liquid	Water	Minutes 0
Viscosity	0.000 cP	Seconds 30
Ref. Index	1.330	Refractive Index of Particles:
Angle	90.00	Real 0.100
Wavelength	658.0 nm	Imaginary 4.470
		<input checked="" type="checkbox"/> Uniform Spheres <input type="checkbox"/> Thin Shells



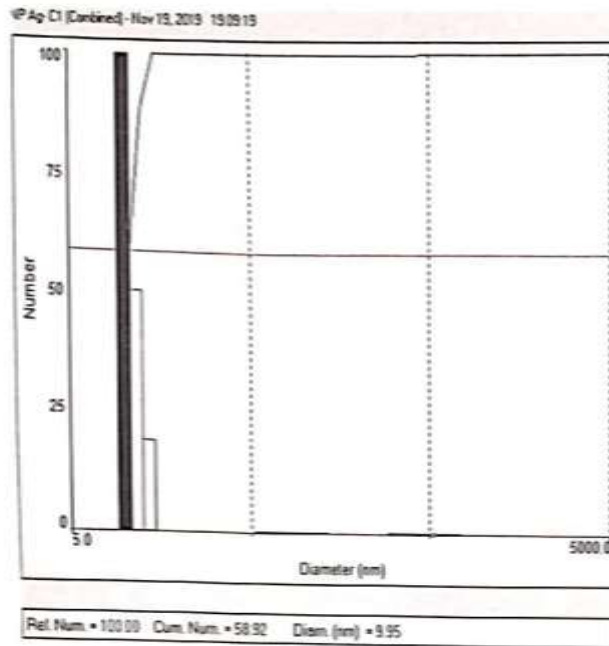
Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, - Perú
Teléfono Decanato: (511) 481-0824
Email: fc@uni.edu.pe
Página Web: www.fc.uni.edu.pe

Central Telefónica FC: (511) 381-3868 / 381-3869
Central Telefónica UNI: (511) 481-1070 Anexos: 5001 y 5003

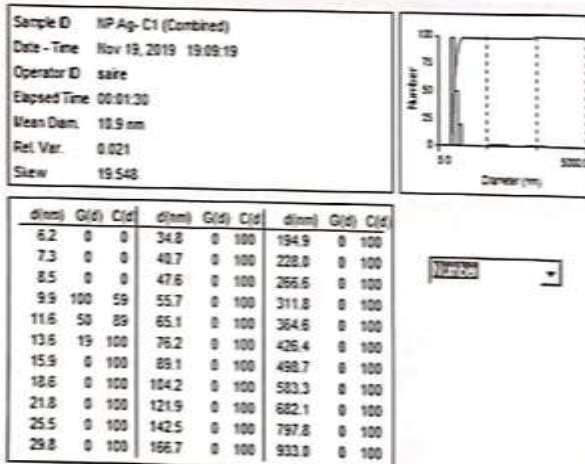
3. Resultado:

Muestra N°1

Histograma: Se señala (barra verde) el diametro (9.95 nm) com mayor número de conteos



Sumario de datos obtenidos:



Diámetro medio en % Numero (figura de arriba): 10.9 nm



Parámetros obtenidos	
Diámetro medio	10.9 nm
Diametro efectivo	186.6
Polidispersidad	0.330
Diametro efectivo	186.6

Dr.  Alarcón Cávero

Jefe del Laboratorio de Química Analítica e Instrumental



Anexo 9. Certificado de calibración de multiparámetro de mesa



AV. LOS DOMINICOS N° 691 – URB. JORGE CHAVEZ – CALLAO
 FUD: 5756672 – RPC: 953299635 – RPM: #996908111
 MAIL: soporte@ansertechperu.com
 WEB: www.ansertechperu.com

SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – MULTIPARAMETRO DE MESA	INFORME N° 0169.19	PAGINA 1/1
---	--------------------	------------

DATOS DEL CLIENTE:

CLIENTE:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	DIRECCIÓN:	AV. ALFREDO MENDIOLA NRO. 6232
AREA:	LABORATORIO DE SUELOS	DEPARTAMENTO:	LIMA
RESPONSABLE:	ROMAN PEREZ HITLER	DISTRITO:	LOS OLIVOS
FECHA:	16/04/2019	TELÉFONO:	2024342 Anexo 2059

DATOS DE EQUIPO:

EQUIPO:	MULTIPARAMETRO DE MESA	MARCA:	HANNA INSTRUMENTS
MÓDELO:	H18813-6	NÚMERO DE SERIE:	8674849
CÓDIGO:	UCV-06-42710		

REVISIÓN INICIAL:

DESCRIPCIÓN	SI	NO
EQUIPO ENCIENDE Y APAGA CORRECTAMENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESTADO FÍSICO DEL EQUIPO EN BUENAS CONDICIONES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CUENTA CON ACCESORIOS REQUERIDOS PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TRABAJO REALIZADO:

DESCRIPCIÓN	OK	OBSERVACIONES
CARACA EXTERNA E INTERNA	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMPIEZA DE SU SUPERFICIE
PANTALLA Y TECLADO	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMPIEZA Y PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO
ELECTRODO DE PH	<input checked="" type="checkbox"/>	REACTIVACION DE ELECTRODO
SENSOR DE CONDUCTIVIDAD (EC)	<input checked="" type="checkbox"/>	ELIMINACION DE RESIDUOS SOBRE ANILLOS CONDUCTIVOS
SENSOR DE OXIGENO DISUELTO (OD)	<input checked="" type="checkbox"/>	CAMBIO DE SOLUCION ELECTROLITICA

VERIFICACIÓN DE LAS MEDICIONES DE PH:

BUFFERS (pH)	VALORES ANTES DEL AJUSTE		VALORES DESPUÉS DEL AJUSTE	
	pH	mV	pH	mV
4.00	3.72	173.31	4.00	179.74
7.00	7.25	-3.3	7.00	-3.2
10.00	9.49	-146.14	10.00	-168.21

VERIFICACIÓN DE LAS MEDICIONES DE CONDUCTIVIDAD:

SOLUCIÓN DE CONDUCTIVIDAD	VALORES ANTES DEL AJUSTE	VALORES DESPUÉS DEL AJUSTE
84 us/cm	94 us/cm	83.9 us/cm
1413 us/cm	1446 us/cm	1421 us/cm

CONCLUSIÓN:

- ☒ EQUIPO / COMPONENTE OPERATIVO
☐ EQUIPO / COMPONENTE OBSERVADO

RECOMENDACIONES:

- EL VULVO DEL ELECTRODO DEBE PERMANECER SUMERGIDO EN SOLUCION DE ALMACENAMIENTO DESPUES DE SU USO.
- MANTENER EL EQUIPO LIBRE DE HUMEDAD.
- MANTENER UNA FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO DE 12 MESES.

INFORME REALIZADO POR:

JONATHAN CHAMBERS P.
 COORDINADOR DE SERVICIOS
 ANSERTech PERU SAC

INFORME REVISADO POR:

ING. EDUARDO LUQUE G.
 GERENTE TÉCNICO
 ANSERTech PERU SAC

